

Osnabrück: Fachliche Beratung der Stadt und des Landkreises zu den Ergebnissen des Zwischenberichts Teilgebiete im Standortauswahlverfahren für ein Endlager

Plausibilitätsprüfung der Vorgehensweise der BGE bei der Kriterien-Anwendung und Ausweisung der folgenden Teilgebiete:

Darmstadt, 03.04.2024

004_00TG_053_00IG_T_f_tpg, 005_00TG_055_00IG_T_f_jm,
006_00TG_188_00IG_T_f_ju, 007_00TG_202_02IG_T_f_kru,
008_02TG_204_02IG_T_f_kro,
076_03TG_191_05IG_S_f_so, 077_00TG_192_00IG_S_f_jo,
078_06TG_197_06IG_S_f_z

Autorinnen und Autoren

Dipl.-Ing. Judith Krohn
Öko-Institut e.V.

Dr. Florian Krob
Öko-Institut e.V.

Kontakt

info@oeko.de
www.oeko.de

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin

Borkumstraße 2
13189 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	10
Zusammenfassung	11
1 Einleitung	12
2 Anwendungskriterien im Zwischenbericht Teilgebiete	13
2.1 Ausschlusskriterien (AK)	14
2.2 Mindestanforderungen (MA)	17
2.3 Geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK)	19
3 Identifizierte Gebiete und Teilgebiete der Stadt und des Landkreises Osnabrück und deren geologische Einordnung	31
3.1 Teilgebietssegmente im Tongestein der Stadt und Landkreis Osnabrück	33
3.2 Teilgebietssegmente im Steinsalz der Stadt und Landkreis Osnabrück	41
4 Anwendung der Ausschlusskriterien auf identifizierte Gebiete in Osnabrück	51
5 Anwendung der Mindestanforderungen auf identifizierte Gebiete in Stadt und Landkreis Osnabrück	57
5.1 Teilgebiet 004: Tongesteine des Paläogens (Tertiär)	60
5.2 Teilgebiet 005: Tongesteine des Doggers (Mitteljura)	63
5.3 Teilgebiet 006: Tongesteine des Lias (Unterjura)	68
5.4 Teilgebiet 007: Tongesteine der Unterkreide	73
5.5 Teilgebiet 008_02: Tongesteine der Oberkreide	78
5.6 Teilgebiet 076_03: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötalinars (oberer Buntsandstein) der Untertrias	81
5.7 Teilgebiet 077: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Malms (Oberjura)	84
5.8 Teilgebiet 078_06: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins (oberes Perm)	89
6 Anwendung der individuell bewerteten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien auf identifizierte Gebiete in Stadt und Landkreis Osnabrück	92
6.1 Teilgebiet 004: Tongesteine des Paläogens (Tertiär)	92
6.2 Teilgebiet 005: Tongesteine des Doggers (Mitteljura)	100

6.3	Teilgebiet 006: Tongesteine des Lias (Unterjura)	106
6.4	Teilgebiet 007: Tongesteine der Unterkreide	112
6.5	Teilgebiet 008_02: Tongesteine der Oberkreide	118
6.6	Teilgebiet 076_03: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötsalinars (oberer Buntsandstein) der Untertrias	124
6.7	Teilgebiet 077: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Malms (Oberjura)	130
6.8	Teilgebiet 078_06: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins (oberes Perm)	136
7	Der aktuelle Stand des Standortauswahlverfahrens und der Weg zur Ermittlung von Standortregionen	142
7.1	Repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) und Ermittlung von Standortregionen	143
7.2	Fachliche Einschätzung der Relevanz der rvSU für Stadt und Landkreis Osnabrück und Ausblick auf das Jahr 2024	145
8	Schlussfolgerungen und Bewertung	146
	Literaturverzeichnis	151
	Anhang	154
	Anhang I. Glossar	154

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Übersicht über die Faziesverteilung im Niedersächsischen Becken zur Zeit der Unterkreide	34
Abbildung 3-2: Übersichtskarte des Teilgebiets 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg zur Festlegung des Teilgebietssegments	35
Abbildung 3-3: Übersichtskarte des Teilgebiets 005_00TG_055_00IG_T_f_jm zur Festlegung der Teilgebietssegmente	37
Abbildung 3-4: Übersichtskarte des Teilgebiets 006_00TG_188_00IG_T_f_ju zur Festlegung der Teilgebietssegmente	38
Abbildung 3-5: Übersichtskarte des Teilgebiets 007_00TG_202_02IG_T_f_kru zur Festlegung der Teilgebietssegmente	39
Abbildung 3-6: Übersichtskarte des Teilgebiets 008_02TG_204_02IG_T_f_kro zur Festlegung des Teilgebietssegments	41
Abbildung 3-7: Stark vereinfachte schematische Darstellung der marinen Salzabscheidungsfolge am Beispiel der Zechstein-Entwicklung (Werra- und Strassfurt-Folge) in Deutschland	42
Abbildung 3-8: Vorkommen und Verbreitung der salinaren Schichtenfolgen in Deutschland	44
Abbildung 3-9: Übersichtskarte des Teilgebiets 076_03TG_191_05IG_S_f_so zur Festlegung des Teilgebietssegment	45
Abbildung 3-10: Stratigraphische Stellung des oberen Buntsandstein in Niedersachsen	46
Abbildung 3-11: Übersichtskarte des Teilgebiets 077_00TG_192_00IG_S_f_jo zur Festlegung der Teilgebietssegmente	47
Abbildung 3-12: Stratigraphische Stellung der Malm-Subgruppe in Niedersachsen	48
Abbildung 3-13: Schematische Verbreitung der Halit-formenden Malm-Salinare in Niedersachsen und deren Lagerungsverhältnisse im Landkreis Osnabrück	49
Abbildung 3-14: Übersichtskarte des Teilgebiets 078_06TG_197_06IG_S_f_z zur Festlegung der Teilgebietssegmente	50
Abbildung 3-15: Stratigraphische Stellung des Zechsteins in Niedersachsen	51
Abbildung 4-1: Übersicht über die ausgeschlossenen Gebiete in Stadt und Landkreis Osnabrück	53
Abbildung 5-1: Das Segment des Teilgebietes 004 im Landkreis Osnabrück	60
Abbildung 5-2: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 004	62
Abbildung 5-3: Segmente 1 und 2 des Teilgebietes 005 im Landkreis Osnabrück	63

Abbildung 5-4: Segmente 3 und 4 des Teilgebietes 005 im Landkreis Osnabrück	65
Abbildung 5-5: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 005	67
Abbildung 5-6: Segmente 1 und 2 des Teilgebietes 006 im Landkreis Osnabrück	68
Abbildung 5-7: Segmente 3, 4 und 5 des Teilgebietes 006 im Landkreis Osnabrück	70
Abbildung 5-8: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 006	72
Abbildung 5-9: Segmente 1, 2 und 3 des Teilgebietes 007 im Landkreis Osnabrück	74
Abbildung 5-10: Segment 4 des Teilgebietes 007 im Landkreis Osnabrück	75
Abbildung 5-11: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 007	77
Abbildung 5-12: Segment 1 des Teilgebietes 008_02 im Landkreis Osnabrück	78
Abbildung 5-13: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 008_02	80
Abbildung 5-14: Segment 1 des Teilgebietes 076_03 im Landkreis Osnabrück	81
Abbildung 5-15: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 076_03	83
Abbildung 5-16: Segmente 1 und 2 des Teilgebietes 077 im Landkreis Osnabrück	84
Abbildung 5-17: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 077	88
Abbildung 5-18: Segmente 1 und 2 des Teilgebietes 078_06 im Landkreis Osnabrück	89
Abbildung 5-19: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 078_06	91
Abbildung 6-1: Darstellung der räumlichen Konfiguration der sicherheitsrelevanten Bestandteile für einschlusswirksame Gebirgsbereiche im Wirtsgestein	93
Abbildung 6-2: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 004.	94
Abbildung 6-3: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 004	95
Abbildung 6-4: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 004	96
Abbildung 6-5: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 004	99

Abbildung 6-6: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 005.	101
Abbildung 6-7: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 005	102
Abbildung 6-8: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 005	103
Abbildung 6-9: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 005	105
Abbildung 6-10: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 006.	107
Abbildung 6-11: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 006	108
Abbildung 6-12: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 006	109
Abbildung 6-13: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 006	111
Abbildung 6-14: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 007.	113
Abbildung 6-15: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 007	114
Abbildung 6-16: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 007	115
Abbildung 6-17: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 007	117
Abbildung 6-18: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 008_02.	119
Abbildung 6-19: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 008_02	120
Abbildung 6-20: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 008_02	121
Abbildung 6-21: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 008_02	123
Abbildung 6-22: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 076_03.	125
Abbildung 6-23: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 076_03	126

Abbildung 6-24: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 076_03	127
Abbildung 6-25: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 077	129
Abbildung 6-26: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 077	131
Abbildung 6-27: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 077	132
Abbildung 6-28: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 077	133
Abbildung 6-29: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 077	135
Abbildung 6-30: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 078_06	137
Abbildung 6-31: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 078_06	138
Abbildung 6-32: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 078_06	139
Abbildung 6-33: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 078_06	141
Abbildung 7-1: Die vier Prüfschritte innerhalb der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU)	143
Abbildung 7-2: Beispielhafte zusammenfassende kartografische Darstellung der Einstufung und Eingrenzung der Teiluntersuchungsräume eines fiktiven Teilgebietes	144

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Identifizierte Gebiete und Teilgebiete in Stadt und Landkreis Osnabrück	31
Tabelle 4-1: Störungszonen in den Teilgebietssegmenten innerhalb der Landkreisgrenzen des Landkreises Osnabrück	54
Tabelle 5-1: Charakteristika der betrachteten Teilgebiete zur Anwendung der Mindestanforderungen	58
Tabelle 5-2: Relevante Bohrungen für Segment 1 des Teilgebietes 004	61
Tabelle 5-3: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 005	66
Tabelle 5-4: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 006	71
Tabelle 5-5: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 007	76
Tabelle 5-6: Relevante Bohrungen für das Segment des Teilgebietes 008_02	79
Tabelle 5-7: Relevante Bohrungen für das Segment des Teilgebietes 076_03	82
Tabelle 5-8: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 007	87
Tabelle 5-9: Relevante Bohrungen für das Segment des Teilgebietes 078_06	90

Abkürzungsverzeichnis

AK	Ausschlusskriterien
ewG	Einschlusswirksamer Gebirgsbereich
geoWK	Geowissenschaftliche Abwägungskriterien
MA	Mindestanforderungen
rvSU	Repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchung
StandAG	Standortauswahlgesetz
StandAV	Standortauswahlverfahren
TG	Teilgebiet
TUR	Teiluntersuchungsraum
ZB TG	Zwischenbericht Teilgebiete

Zusammenfassung

In Stadt und Landkreis Osnabrück wurden im Rahmen des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle acht Teilgebiete ausgewiesen, die günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen. Keines dieser Teilgebiete liegt vollständig auf dem Gebiet des Landkreises Osnabrück.

Die Ausweisung dieser Teilgebiete ist grundsätzlich nachvollziehbar. Eigenschaften, die zur Eignung der Teilgebiete beitragen, sind teilweise nicht auf die Flächenanteile in Stadt und Landkreis Osnabrück übertragbar. Es zeigte sich im Rahmen der Prüfung hinsichtlich Nachvollziehbarkeit und Plausibilität, dass Informationen aus Fachliteratur und Daten, beispielsweise aus Schichtenverzeichnissen von Bohrungen, bisher noch nicht zur Bewertung herangezogen wurden.

In vielen Fällen ist nicht davon auszugehen, dass die Berücksichtigung dieser Informationen zu einer geänderten Bewertung der Kriterien oder Anforderungen des Standortauswahlgesetzes für die betreffenden Gebiete führen wird. Einzelne Hinweise wie das Vorhandensein glazialer Rinnen, die das Deckgebirge und dessen Schutzfunktion gegenüber Erosion und dem Zutritt von Grundwasser beeinträchtigen können, sollten im weiteren Verfahren jedoch berücksichtigt werden. Gleiches gilt für die Feststellung, dass in verschiedenen Bohrungen im Landkreis Osnabrück die ausgewiesenen Wirtsgesteine für ein Endlager nicht angetroffen wurden oder entweder nicht in der günstigen Tiefe oder in einer ausreichenden Mächtigkeit vorlagen.

Im Zuge der aktuell von der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) durchgeführten repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) werden die vorliegenden Teilgebiete in Teiluntersuchungsräume aufgeteilt und diese bewertet. Dabei ist es möglich, dass in Stadt und Landkreis Osnabrück liegende Teilgebietssegmente ganz oder teilweise aus dem Verfahren ausgeschlossen werden. Gleichzeitig ist es bei einzelnen Teilgebietssegmenten bzw. Ausschnitten daraus aber auch nicht ausgeschlossen, dass sie im Verfahren weitergeführt werden.

Die BGE wird durch eine jährliche Veröffentlichung über den Arbeitsstand der rvSU berichten und ihre vorläufigen Ergebnisse allen Akteuren bereitstellen. Die Stadt und der Landkreis Osnabrück können also damit rechnen, bis zum Standortregionenvorschlag, welchen die BGE für das Ende des Jahres 2027 anpeilt, jährlich neue Informationen über die sie betreffende Teilgebietssegmente bzw. Teiluntersuchungsräume zu erhalten, mit denen gearbeitet werden kann.

Insofern gilt es festzuhalten, dass bis zum Jahr 2027 davon ausgegangen werden kann, dass durch die drastische Einengung der Teilgebiete für die Kommunen viel Klarheit geschaffen wird, auch wenn gesichert ist, dass weiterhin mit einigen Ungewissheiten umgegangen werden muss.

Abschließend bedeutet dies für die Stadt und den Landkreis Osnabrück, dass sich im Fall eines Ausschlusses von Segmenten einige offene Fragen sehr schnell auflösen könnten. Andererseits ist damit zu rechnen, dass mit der Ausweisung von B- und vor allem A-Gebieten neue Aufgaben entstehen werden.

1 Einleitung

Im Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – StandAG) ist das Verfahren festgelegt, mit dem ein „Standort mit der bestmöglichen Sicherheit“ für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle ermittelt werden soll. Das Verfahren wurde im Jahr 2017 aufgenommen. Es gliedert sich in drei Phasen, die jeweils mit einem Bundesgesetz abgeschlossen werden. Derzeit befindet sich das Standortauswahlverfahren im zweiten Schritt der ersten Phase.

Am 28.09.2020 wurde durch die Vorhabenträgerin, die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), der Zwischenbericht Teilgebiete gemäß § 13 des StandAG vorgelegt. Damit wurde in der Phase I des Standortauswahlgesetzes ein wichtiger Meilenstein erreicht.

Im Zwischenbericht Teilgebiete (ZB TG) werden die Flächen des Bundesgebiets benannt, die nicht auf Basis der Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG ausgeschlossen wurden, die alle Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG erfüllen und die nach erster Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG als günstig bewertet wurden. Sie werden als sogenannte „Teilgebiete“ (TG) ausgewiesen, welche „günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen“ (StandAG 2017). Bei der Festlegung von Größe und Grenzen eines Teilgebietes orientiert sich die Vorhabenträgerin an der Verbreitung endlagerrelevanter stratigraphischer¹ Einheiten und möglicher Wirtsgesteine. Somit können verschiedene Teilgebiete einander überlappen bzw. übereinander liegen.

Mit dem Schreiben vom 07.03.23 beauftragten die Stadt und der Landkreis Osnabrück das Öko-Institut e.V. mit der Erstellung eines Gutachtens zur fachlichen Beratung der Stadt und des Landkreises Osnabrück zu den Ergebnissen des Zwischenberichts Teilgebiete im Standortauswahlverfahren für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. Im vorliegenden Gutachten werden Plausibilität und Nachvollziehbarkeit der Vorgehensweise und der Bewertung bei der Ausweisung von Teilgebieten in Stadt und Landkreis Osnabrück anhand der verfügbaren Unterlagen geprüft und mit den Vorgaben des Standortauswahlgesetzes abgeglichen. Die Methodik der Anwendungen von Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien wird in Kapitel 2 übergeordnet beschrieben. Anschließend wird in Kapitel 3 die Situation der ausgewiesenen Teilgebiete in Stadt und Landkreis Osnabrück im Überblick dargestellt. Die Anwendung der Kriterien und Anforderungen, die zur Ausweisung von Teilgebieten mit Relevanz für Stadt und Landkreis Osnabrück geführt haben, werden in den nachfolgenden Kapiteln 4 bis 6 geprüft. Die Anwendung der Ausschlusskriterien innerhalb der Landkreisgrenzen (Kapitel 4) sowie die Anwendung der Mindestanforderungen (Kapitel 5) und der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (Kapitel 6) auf die relevanten Teilgebiete werden in Bezug auf die Teilgebietssegmente in Stadt und Landkreis Osnabrück auf Nachvollziehbarkeit hin geprüft.

Darüber hinaus wird in Kapitel 7 der aktuelle Stand des Standortauswahlverfahrens aufgegriffen. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf der vorgestellten Methode und dem geplanten Ablauf der

¹ Als Stratigraphie wird innerhalb der Geologie die Lehre von der zeitlichen und räumlichen Abfolge der Gesteinseinheiten bezeichnet. Neben international harmonisierten stratigraphischen Einteilungen werden häufig abweichende nationale stratigraphische Tabellen verwendet. So dauerte beispielsweise die Periode des Perm von etwa 299 bis 252 Millionen Jahren (Ma) vor heute; innerhalb des Perm wird international noch zwischen den Epochen Unter-, Mittel- und Oberperm unterschieden, die jeweils durch Stufen weiter gegliedert werden. In Norddeutschland wird das Perm davon abweichend historisch in die Abschnitte Rotliegendes (Unterperm, bis vor etwa 258 MA) und Zechstein (Oberperm) unterteilt.

repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) sowie der Einordnung, inwieweit die daraus entstehenden Ergebnisse für die Stadt und den Landkreis Osnabrück relevant sein können.

Die wesentlichen Schlussfolgerungen sowie sich ergebende Fragestellungen werden in einem Schlusskapitel (Kapitel 8) zusammengefasst.

2 Anwendungskriterien im Zwischenbericht Teilgebiete

Zur Ermittlung von Teilgebieten gem. § 13 StandAG (StandAG 2017) wurden durch die Vorhabenträgerin BGE Geodaten der staatlichen geologischen Dienste für das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland abgerufen. Auf diese Daten wurden in einem ersten Schritt die in § 22 StandAG festgelegten **Ausschlusskriterien (AK)** angewendet. Die Bereiche des Staatsgebietes, in denen ein Ausschlusskriterium erfüllt ist, wurden aus dem Verfahren ausgeschlossen. Ausschlusskriterien sind Kenntnisse über großräumige Vertikalbewegungen, aktive Störungszonen, Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit, seismische oder vulkanische Aktivität sowie über das Grundwasseralter (siehe Kapitel 2.1). Die Anwendungsmethodik der Ausschlusskriterien ist in Kapitel 4.2.1 im Einzelnen erläutert.

Im, nach der Anwendung der Ausschlusskriterien verbleibenden Gebiet wurden stratigraphische Einheiten² identifiziert, in denen grundsätzlich geeignete Wirtsgesteine für die Errichtung eines Endlagers vorkommen können. Nach § 23 StandAG sind grundsätzlich geeignete Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein oder Kristallingestein. Auf diese Gesteinsvorkommen wurden dann die **Mindestanforderungen (MA)** gemäß § 23 StandAG angewendet. Die Anwendung der fünf Mindestanforderungen ist im Bericht „Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG“ (BGE 2020d) dargestellt. Ist eine Mindestanforderung nicht erfüllt, scheidet das betroffene Gebiet aus dem Verfahren aus. Es gibt Mindestanforderungen zu Gebirgsdurchlässigkeit, zur Mächtigkeit und minimalen Teufe³ des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG)⁴, zur Fläche des Endlagers und zum Erhalt der Barrierewirkung (siehe Kapitel 2.2). Die Anwendungsmethodik der Mindestanforderungen ist in Kapitel 5 detailliert erläutert.

Gebiete, die alle Mindestanforderungen erfüllen, wurden von der BGE in Anlehnung an § 13 Abs. 2 StandAG als **identifizierte Gebiete (IG)** bezeichnet und mit einer Kennung versehen (siehe Tabelle 3-1).

Anschließend wurden auf diese identifizierten Gebiete die in § 24 StandAG und den Anlagen 1 bis 11 ausgeführten **geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK)** angewendet. Durch die Anwendung dieser geoWK soll bewertet werden, „ob in einem Gebiet eine günstige geologische Gesamtsituation“ (StandAG 2017) vorliegt. Dazu wurden elf Kriterien (siehe Kapitel 2.3), die jeweils mit einem oder mehreren Indikatoren untersetzt sind, herangezogen.

² Als stratigraphische Einheit bezeichnet man ein räumliches Gesteinsvolumen, welches sich durch die charakteristischen geologischen Merkmale bezüglich der Entstehungsgeschichte und Herkunft der Komponenten identifizieren lässt und in dessen erdzeitlichem Entstehungsalter chronologisch definiert ist.

³ Die Teufe ist ein bergmännischer Ausdruck, mit dem die Tiefe unter der Geländeoberfläche beschrieben wird.

⁴ Mit dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich ist der Gesteinsbereich im tiefen Untergrund eines Gebirges gemeint, in dem der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle durch eine Kombination aus geologischen, geotechnischen und technischen Barrieren dauerhaft gewährleistet werden kann. (Quelle: <https://www.grs.de/de/glossar>)

Die Bewertungsskala der Indikatoren und Kriterien reicht von „günstig“ über „bedingt günstig“ bis zu „weniger günstig“/„ungünstig“ (Bezeichnung im StandAG) bzw. „nicht günstig“ (Bezeichnung gemäß Umsetzung der BGE). Identifizierte Gebiete, in denen nach der Kriterienanwendung eine günstige geologische Gesamtsituation angenommen werden kann, werden als „**Teilgebiete**“ (TG) bezeichnet und im **Zwischenbericht Teilgebiete (ZB TG)** (BGE 2020k) dargestellt.

Die konkrete Anwendung der Ausschlusskriterien, der Mindestanforderungen und der geoWK auf die stratigraphischen Einheiten mit Bezug zu Stadt und Landkreis Osnabrück, aufgrund derer die Teilgebiete ausgewiesen wurden, wird in Kap. 4, 5 und 6 erläutert und bewertet. Die Schlussfolgerungen, die sich daraus für Stadt und Landkreis Osnabrück ergeben, werden in Kapitel 8 diskutiert.

2.1 Ausschlusskriterien (AK)

Die sechs Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG sowie die Methodik der Anwendung im ZB TG (BGE 2020k) werden hier näher erläutert.

Großräumige Vertikalbewegungen

Durch das Ausschlusskriterium großräumige Vertikalbewegungen sollen Gebiete ausgeschlossen werden, in denen innerhalb der nächsten eine Million Jahre Hebungen mit Beträgen von mehr als einem Millimeter pro Jahr zu erwarten sind. Zur Anwendung des Kriteriums hat die BGE zwei Datenabfragen bei den geologischen Diensten der Bundesländer und bei Bundesbehörden vorgenommen. Neben diesen spezifischen Datenlieferungen stellt die von der BGE in Auftrag gegebene Studie „Prognosemöglichkeiten von großräumigen Vertikalbewegungen in Deutschland“ (BGR 2019a) die wesentliche Quelle für die Anwendung des Ausschlusskriteriums dar.

Darin kommen die Autoren zu dem Schluss, dass „die für Mitteleuropa diskutierten, vermutlich zurzeit wirkenden endogenen Prozesse [...] nach heutigem Kenntnisstand nur Hebungsraten deutlich unter 1000 Meter pro Million Jahre“ (Jähne-Klingberg et al. 2019) hervorbringen. Aufgrund der Komplexität bewerten sie, dass „verlässliche quantifizierbare flächige Zukunftsprognosen auf Basis von Modellen zu diesen komplexen geodynamischen Zusammenhängen [...] eine genauere, konsistentere und flächendeckendere Datenbasis als heute vorhanden“ (BGR 2019a) erfordern. Die BGE geht auf dieser Grundlage davon aus, dass im Nachweiszeitraum Hebungsraten von 1000 m nicht erreicht werden.

Aktive Störungzonen

Als aktive Störungszone werden gemäß § 22 Abs. 2 Nr. 2. StandAG „Brüche in den Gesteinsschichten der oberen Erdkruste wie Verwerfungen mit deutlichem Gesteinsversatz sowie ausgedehnte Zerrüttungszonen mit tektonischer Entstehung, an denen nachweislich oder mit großer Wahrscheinlichkeit im Zeitraum Rupel bis heute, also innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre, Bewegungen stattgefunden haben“, bezeichnet. Grundlage zur Anwendung des Ausschlusskriteriums aktive Störungzonen waren zum einen die Angabe der Koordinaten von Linien- oder Flächenelementen, die die Lage von tektonischen oder atektonischen Störungzonen beschreiben, zum anderen Angaben zur stratigraphischen oder zeitlichen Einordnung deren Aktivität sowie zur Raumlage von Störungen und zu Versatzbeträgen.

Aktive Störungszonen werden im Zwischenbericht Teilgebiete mit einem Sicherheitsabstand von 1000 m beidseitig der Störungsfläche ausgeschlossen. Dieser Abstand wurde der Begründung zum Gesetzentwurf zum StandAG (Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2017) entnommen; darin heißt es, der erforderliche Sicherheitsabstand sei individuell abzuschätzen und betrage in der Regel mindestens einen Kilometer. Das ausgeschlossene Gebiet „wird von der Geländeoberkante vertikal in alle endlagerrelevanten Tiefen projiziert“ (BGE 2020c).

Im Fall von Scheitelstörungen, „die im Deckgebirge von Salzstrukturen (z. B. Salzwälle und Salzdiapire) auftreten“ (BGE 2020c), wird von diesem Vorgehen abgewichen. Scheitelstörungen werden nur für das Deckgebirge von steilstehenden Salinaren⁵ als ausgeschlossene Gebiete angeführt, und auch nur dann, wenn „der höchste Punkt der Salzstruktur unterhalb von 300 m“ (Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) 2020e) unter der Geländeoberkante (GOK) liegt. Das entspricht der Mindestteufe der Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG) gemäß § 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG. Begründet wird dieses Vorgehen durch die Annahme eines grundsätzlich duktilen Verformungsverhalten von Steinsalz, durch das auch hohe Spannungen „in der Regel nicht zu spröder Deformation“ (BGE 2020c) führten und sich Störungszonen im Deckgebirge von Salzstöcken nicht innerhalb der Salinarstruktur fortsetzten. Damit bleibe die Barrierenwirksamkeit einer Salzstruktur erhalten (BGE 2020k).

Diese Annahme wird in der Fachliteratur jedoch weit differenzierter diskutiert (bspw. (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2020; Frisch und Kockel 2004). Das Vorgehen der BGE hinsichtlich der Behandlung von Scheitelstörungen oberhalb von Salzstrukturen bedarf aus Sicht der Autoren einer detaillierteren Begründung und wissenschaftlichen Abstützung als im Zwischenbericht dargestellt und sollte im weiteren Verfahren in jedem Einzelfall überprüft werden. Da der Fernerkundung salinärer Gesteine mittels geophysikalischer Methoden enge Grenzen gesetzt sind, wird dies mutmaßlich nur durch Bohrungen oder im Rahmen der Erkundung aus einem Bergwerk heraus möglich sein.

Atektionische Vorgänge, d. h. Phänomene, die nicht durch tektonische Prozesse, sondern beispielsweise durch Verkarstung entstehen, aber für die Sicherheit eines Endlagers ähnliche Konsequenzen wie tektonische Störungen nach sich ziehen können, sind nach § 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG wie tektonische Störungen zu behandeln. Im Bericht „Anwendung Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG“ (BGE 2020c) werden folgende mögliche atektonische Vorgänge genannt: Deformationen durch Diagenese (nachträgliche Verfestigung eines Sediments unter dem Einfluss von Druck, Temperatur und weiteren Einflüssen), Senkungen und Einstürze über Lösungshohlräumen, subaerische und subaquatische Rutschungen (Rutschungsvorgänge an Land und unter Wasser, bspw. Muren oder durch Seebeben ausgelöste Rutschungen von Sedimenten an Kontinentalabhängen), Glazialtektonik, Kryoturbation (Bodenbewegungen aufgrund des Wechsels von Frost- und Tauperioden während Kaltzeiten) und Impaktereignisse (Meteoriteneinschläge). Von diesen wird Impaktereignissen und Einstürzen über Lösungshohlräumen eine mögliche Beeinflussung der Sicherheit des Endlagers zugeschrieben. Durch atektonische Vorgänge ausgeschlossene Gebiete wurden im Zwischenbericht Teilgebiete „analog zu aktiven Störungszonen“ ausgewiesen, indem „ein Sicherheitsabstand von 1000 m auf die jeweiligen atektonischen Vorgänge addiert wird“ (BGE 2020c).

⁵ Mit Salinaren werden Gesteinskomplexe bezeichnet, die überwiegend aus Salzgesteinen (Evaporiten) aufgebaut sind.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit

Bei der Anwendung des Kriteriums Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit wird von der BGE zwischen Bohrungen einerseits und Bergwerken andererseits unterschieden.

Bohrdaten wurden von der BGE bei den zuständigen Landes- und Bundesbehörden zweimal, zunächst zur Anwendung der Ausschlusskriterien und anschließend für die Anwendung der Mindestanforderungen, abgefragt. Bohrungen, „deren Einwirkungsbereich den endlagerrelevanten Bereich von 300 bis 1.500 m unter GOK“ (BGE 2020c) erreichen, wurden mit einem Sicherheitsradius von 25 m um den Bohrlochverlauf ausgeschlossen. Vertikale Bohrungen bzw. Bohrungen, deren Verlauf unbekannt ist und die daher als vertikal angenommen werden, werden in der Kartendarstellung entsprechend als Punkte abgebildet, abgelenkte Bohrungen als Linien, die der Projektion des Bohrlochverlaufs an die Oberfläche entsprechen.

Daten zu Lage und Erstreckung von Bergwerken sowie „des durch die bergbauliche Tätigkeit geschädigten Gebirgsbereiches“ (BGE 2020c) wurden von der BGE in mehreren Datenabfragen von den zuständigen Landes- und Bundesbehörden angefordert; dabei wurde zwischenzeitlich die Methodik zur Kriterienanwendung weiterentwickelt. Vom weiteren Verfahren ausgeschlossen wurden Gebiete mit Bergwerken, deren Hohlräume im endlagerrelevanten Tiefenbereich von 300 bis 1.500 m unter GOK liegen. Dabei wurden die Bereiche, in denen das Gebirge durch den Bergbau potenziell geschädigt sein kann, entweder anhand mitgelieferter Informationen oder durch die BGE selbst unter Zugrundelegung der maximalen horizontalen Ausdehnung des Grubengebäudes, der maximalen Tiefe und eines Grenzwinkels bestimmt.

Seismische Aktivität

Beim Ausschluss von Gebieten aufgrund des Kriteriums seismische Aktivität hat sich die BGE gemäß § 22 Abs. 2 Nr. 4. StandAG an der Kartendarstellung der Erdbebenzonen in DIN EN 1998-1/NA 2011-01 orientiert. Ausgeschlossen wurden Gebiete mit einer örtlichen seismischen Gefährdung größer als in Erdbebenzone 1. Dazu wurde die Konturlinie, die den Übergang zwischen den Erdbebenzonen 1 und 2 in der Kartendarstellung markiert, digitalisiert. Die Datenlieferungen für diese Zweck waren „sehr heterogen und enthielten [...] meist thematisch verwandte aber nur in wenigen Fällen die konkret erfragten Informationen“ (BGE 2020c). Hervorzuheben ist, dass der Nationale Anhang zur DIN EN 1998-1 zwischenzeitlich überarbeitet und im Juli 2021 veröffentlicht wurde. Die BGE beabsichtigt, den aktualisierten Anhang im weiteren StandAV zu berücksichtigen.

Vulkanische Aktivität

Die BGE hat zur Anwendung des Ausschlusskriteriums Vulkanische Aktivität bei den Geologischen Diensten der Bundesländer und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Daten zu Gebieten abgerufen, in denen quartärer Vulkanismus stattgefunden hat oder innerhalb der nächsten Million Jahre Vulkanismus erwartet wird. Im Bericht zur Anwendung der Ausschlusskriterien (BGE 2020c) wird ausgeführt, dass Prognosen über zukünftigen Vulkanismus aus keinem Bundesland vorliegen.

Zur Ermittlung ausgeschlossener Gebiete wurde auf Grundlage einer Literaturschau „die Verteilung quartärer Eruptionszentren herangezogen“ (BGE 2020c). Um die Eruptionszentren wurde ein Sicherheitsabstand von 10 km berücksichtigt.

Grundwasseralter

Durch das Ausschlusskriterium *Grundwasseralter* soll sichergestellt werden, dass in der Umgebung eines Endlagers keine Grundwässer existieren, die „am aktuellen hydrologischen Kreislauf teilnehmen“, so die Begründung des StandAG (Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2017) und damit einen Schadstofftransport aus dem Endlager in den Lebensraum von Menschen ermöglichen. In der Gesetzesbegründung wird weiterhin darauf hingewiesen, dass „die Konzentration der Isotope Tritium [³H] und Kohlenstoff-14 [¹⁴C] im Grundwasser des vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereiches oder Einlagerungsbereiches“ (Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2017) als Bewertungsgrundlage herangezogen werden können.

Die BGE orientiert sich bei der ersten Anwendung der Ausschlusskriterien am Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd), der dazu in seinem Abschlussbericht 2002 festhielt: „Das Grundwasser im Wirtsgestein und einschlusswirksamen Gebirgsbereich eines Standortes (einer Region) sowie in sicherheitsrelevanten Bereichen ihrer Umgebung darf kein Tritium und/oder Kohlenstoff-14 enthalten“ (Appel et al. 2002). Da zum jetzigen Zeitpunkt weder einschlusswirksame Gebirgsbereiche noch Einlagerungsbereiche bekannt sind, wird „ein großräumiger Ausschluss von Gebieten auf Basis des Ausschlusskriteriums „Grundwasseralter““ seitens der BGE als „nicht zielführend“ beschrieben (BGE 2020c). Stattdessen „erfolgt eine punktuelle Ermittlung ausgeschlossener Gebiete“ (BGE 2020c).

In zwei Datenabfragen wurden Informationen zum Grundwasseralter, ³H- und ¹⁴C-Gehalten sowie Lage, Bezeichnung der hydrogeologischen Einheit etc. bei den Bundes- und Landesbehörden abgefragt. Im Ergebnis zeigt sich, dass alle Datenpunkte mit relevanten Informationen zum Grundwasseralter entweder durch Bohrungen oder Bergwerke bereits im Rahmen des Ausschlusskriteriums *Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit* erfasst sind. Es werden „insgesamt 58 Datenpunkte und 96 Linien“ ausgewiesen, durch die jedoch „kein zusätzlicher Ausschluss“ erfolgt (BGE 2020c).

2.2 Mindestanforderungen (MA)

Die in § 23 StandAG festgelegten Mindestanforderungen wurden auf potenzielle Wirtsgesteine angewandt, die auf Grundlage der stratigraphischen Tabelle von Deutschland und vertiefender Informationen wie Bohrdaten, 3D-Modellen etc. ausgewiesen werden. Die BGE hat Informationen zu den Mindestanforderungen in zwei Datenabfragen bei den zuständigen Bundes- und Landesbehörden abgerufen und dazu, analog zur Datenabfrage für Ausschlusskriterien, eine Arbeitshilfe (BGE 2018) formuliert.

Im Folgenden werden die fünf Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG sowie die Methodik der Anwendung im Zwischenbericht Teilgebiete auf die Wirtsgesteine Tongestein und Steinsalz in flacher Lagerung erläutert.

Gebirgsdurchlässigkeit

Für Steinsalz sowie für Tongestein wird in dieser Phase des Standortauswahlverfahrens grundsätzlich angenommen, dass aufgrund deren bekannter Eigenschaften die Gebirgsdurchlässigkeit ausreichend gering ist (BGE 2020d), um die Mindestanforderung, eine Gebirgsdurchlässigkeit von weniger als 10^{-10} m/s, zu erfüllen. Widersprechende Erkenntnisse liegen bisher nicht vor.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Nach § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG muss der Gebirgsbereich, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen soll, mindestens 100 m mächtig sein. Im Fachbericht der BGE zur Anwendung der Mindestanforderungen (BGE 2020d) wird dargestellt, dass „für alle steil stehenden Salzstrukturen, die eine Mächtigkeit von mindestens 100 m aufweisen, [...] diese Mindestanforderung im jetzigen Verfahrensschritt als erfüllt“ gilt.

Als Mächtigkeit des ewG in Teilgebieten in Tongestein wurde die Mächtigkeit der stratigraphischen Einheit, in der sich das Tongestein befindet, innerhalb der Suchparameter von 300 m bis 1.500 m unter GOK (BGE 2020k), angegeben. Als Tongestein ausgewiesene stratigraphische Einheiten bestehen in aller Regel nicht nur aus Ton, sondern auch aus gröberen Gesteinspartikeln wie Silt oder Sand. Im Fachbericht zur Anwendung der Mindestanforderungen wird ausgeführt, dass in als relevante Abfolge identifizierten stratigraphischen Einheiten auch Gesteinsformationen enthalten sein können, die die Mindestanforderungen nicht erfüllen; es lägen allerdings Hinweise vor, die grundsätzlich belegten, dass Tongesteine dieser stratigraphischen Einheit in ausreichender Mächtigkeit vorkommen könnten (BGE 2020d). Diese ungenaue Vorgehensweise im ersten Schritt des Standortauswahlverfahrens wird auf die geringe stratigraphische Auflösung der zur Kriterienanwendung genutzten 3D-Modelle zurückgeführt.

Für Steinsalz in stratiformer Lagerung wird durch die BGE analog zu Tongesteinen vorgegangen. Auch hier erfüllt in der Regel nicht die gesamte stratigraphische Einheit die Anforderungen, die an ein Wirtsgestein für ein Endlager zu stellen sind. Im Fachbericht zur Anwendung der Mindestanforderungen wird jedoch darauf hingewiesen, dass „Informationen aus Bohrungen überwiegend als Beleg für die Erfüllung der Mindestanforderung“ (BGE 2020d) dienen.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die generelle Anforderung, dass die Oberfläche des ewG mindestens 300 m unter der Geländeoberkante liegen muss, wird in § 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG für Steinsalz in steiler Lagerung ergänzt um das Vorhandensein einer Salzschwebe von mindestens 300 m Mächtigkeit, d. h. eines Bereiches von mindestens 300 m Salz, der oberhalb des ewG zum Schutz gegen Erosion und Wasserzutritt stehen bleiben soll. Für die Ausweisung von Teilgebieten betrachtet die BGE mit Vorhandensein einer 300 m mächtigen Salzschwebe auch die Mindestanforderung von 300 m Abstand zur Geländeoberkante als erfüllt. Dabei wird lediglich die Mächtigkeit des Salzstocks zur Bewertung herangezogen; lässt sich aus den genutzten 3D-Modellen oder anderen Informationen der Schluss ableiten, dass innerhalb einer Salzstruktur 400 m Mächtigkeit erreicht werden – 300 m Salzschwebe + 100 m Mindestmächtigkeit – wird die Anforderung als erfüllt angesehen.

Für Teilgebiete in Tongesteinen wird die Mindestanforderung als erfüllt angesehen, wenn sie Tiefen von mehr als 300 m unter GOK erreichen. Die zusätzliche Anforderung an Tongesteine gemäß § 23 StandAG, dass eine Beeinträchtigung des ewG durch Dekompaktion⁶ des Tongesteins nach einer Schädigung des Deckgebirges durch intensive Erosion, beispielsweise in der Folge von

⁶ Wie in Kapitel 2 ausgeführt entstehen Tongesteine durch Sedimentation feiner Gesteinspartikel z. B. in Seen oder Meeresbecken. Durch die Auflast jüngerer Gesteine werden sie im Laufe der Erdgeschichte zusammengedrückt, d. h. kompaktiert. Wenn die Auflast durch überlagernde Gesteine verringert wird, z. B. durch Erosion, können Tongesteine dekompaktieren und bestimmte Eigenschaften, die sie als Wirtsgestein qualifizieren, verlieren.

Eiszeiten, ausgeschlossen werden kann, kann nach Aussage der Vorhabenträgerin „derzeit nicht beantwortet werden“ und wird daher „grundsätzlich als erfüllt angesehen“ (BGE 2020d).

Für Vorkommen von Steinsalz in stratiformer Lagerung wird analog zum Vorgehen für Tongesteine verfahren und die Mindestanforderung als erfüllt angesehen, wenn die Gesteine Tiefen von mehr als 300 m unter GOK erreichen. Anteile des Gesteinskörpers, die höher als 300 m unter GOK liegen, werden, wie auch bei Tongesteinen, nicht berücksichtigt. Eine Salzschwebe von 300 m analog zu Steinsalzvorkommen in steiler Lagerung wird für Steinsalz in stratiformer Lagerung durch das Stand-AG nicht gefordert.

Fläche des Endlagers

Für Gebiete mit Steinsalz in steiler Lagerung wird, wie in der Begründung zum Gesetzentwurf des StandAG (Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2017) für das Wirtsgestein Salz vorgeschlagen, eine Fläche von 3 km² als Mindestflächenbedarf angenommen. Die Fläche der maximalen Ausdehnung wurde für Salinare unter Zuhilfenahme geologischer 3D-Modelle berechnet und die Mindestanforderung als erfüllt angesehen, wenn eine horizontale Ausdehnung von mindestens 3 km² vorliegt.

Bei Tongestein wurde die maximale Ausdehnung des potentiellen Wirtsgesteins mit Hilfe von geologischen 3D-Modelle oder 2D-Karten ermittelt und die Mindestanforderung bei einer horizontalen Ausdehnung von 10 km², ebenfalls angelehnt an die Begründung zum StandAG (Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2017) als erfüllt angesehen (BGE 2020d).

Auch für den Flächenbedarf für ein Endlager im Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung wird ein Flächenbedarf von 3 km² angenommen. Zur Methodik der Flächenermittlung in Gebieten mit stratiformem Steinsalz enthält der Fachbericht zu den Mindestanforderungen (BGE 2020d) keinen Hinweis. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Flächenermittlung analog zu den Wirtsgesteinen Tongestein und Steinsalz in steiler Lagerung mittels 3D-Modellen und Karten erfolgte.

Erhalt der Barrierewirkung

Die Mindestanforderung *Erhalt der Barrierewirkung* stellt eine Negativ-Anforderung dar: Informationen, die gegen einen Erhalt der Barrierewirkung über den Zeitraum von einer Million Jahren sprechen, dürfen nicht vorliegen. Die BGE übernimmt den Gesetzestext fast wörtlich in den Fachbericht zu den Mindestanforderungen. Demnach wird die Mindestanforderung als nicht erfüllt angesehen, wenn „klare Erkenntnisse oder Daten vorliegen, dass der Erhalt der Barrierewirkung zweifelhaft erscheint“ (BGE 2020d). Eine konkrete Abfrage nach Daten und Informationen, die gegen den Erhalt der Barrierewirkung von Gesteinseinheiten über den geforderten Zeitraum sprechen, erfolgt der Arbeitshilfe (BGE 2018) zufolge nicht.

2.3 Geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK)

Die geoWK werden in § 24 StandAG sowie den Anlagen 1 bis 11 ausgeführt. Der Vorgehensweise der BGE liegt die Unterlage „Arbeitshilfe zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG“ (BGE 2020e) zugrunde. Im Fachbericht „Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“

(BGE 2020j) wird die Anwendung im Detail ausgeführt und eine Übersicht über die Ergebnisse gegeben.

Im Folgenden werden die elf geowissenschaftlichen Abwägungskriterien und deren Anwendung durch die BGE bei der Ermittlung von Teilgebieten in Steinsalz näher erläutert.

Kriterium 1 zur Bewertung des Transportes radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich

Aus dem Endlager bzw. dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich sollen möglichst keine radioaktiven Stoffe entweichen können. Zur Bewertung eines möglichen Stofftransports und damit potenziellen Austrags von Schadstoffen aus dem Endlager beziehen sich die Indikatoren auf Eigenschaften, die die Grundwasserströmung und die Diffusion durch das Gestein betreffen. Als Indikatoren wurden die Parameter *Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers*, *Charakteristische Gebirgsdurchlässigkeit des Gesteinstyps*, *Charakteristischer effektiver Diffusionskoeffizient des Gesteinstyps für tritiiertes Wasser (HTO) bei 25 °C*, *Absolute Porosität* und *Verfestigungsgrad* herangezogen. Die Indikatoren *Absolute Porosität* und *Verfestigungsgrad* finden nur für Tongestein Anwendung. Das Kriterium wurde für alle Wirtsgesteine mittels Referenzdaten bewertet.

Zur Bewertung des Indikators *Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers* wurden allgemeine Materialeigenschaften des Wirtsgesteins Steinsalz herangezogen. Er wird für Steinsalz als günstig bewertet. Zur Begründung wird auf die allgemein geringe Durchlässigkeit bzw. Undurchlässigkeit von Steinsalz verwiesen, aufgrund derer ausschließlich diffusiver Transport denkbar ist (BGE 2020i).

Für Tongesteine wird dieser Indikator ebenfalls als günstig bewertet. Ausgehend von veröffentlichten Literaturwerten für die Porosität verschiedener Tongesteine und hydraulischen Gradienten, die der hydrogeologischen Karte von Niedersachsen entnommen wurden, wurden minimale und maximale Abstandsgeschwindigkeiten für verschiedene Tongesteinsvorkommen berechnet. Die BGE gibt an, „trotz breiter Schwankungen bei Alter, Teufe und Tonanteil“ könnten „alle berechneten Werte mit einer Ausnahme als günstig bewertet werden“ (BGE 2020i). Es wird darauf hingewiesen, dass „die tatsächliche Abstandsgeschwindigkeit [...] sich jedoch nur mit standortspezifischen Untersuchungen ermitteln“ (BGE 2020i) lassen.

Der als ungünstig bewertete Referenzwert wurde mit Daten aus dem in Belgien als Wirtsgestein untersuchten Boom Clay berechnet. Dabei handelt es sich um einen nur schwach verfestigten Ton, der von allen im Referenzdatensatz verwendeten Werten möglicherweise am ehesten zur Verwendung als Analogon zu den tertiären Tonsteinen Norddeutschlands geeignet ist. Die grundsätzlich günstige Bewertung dieses Indikators muss daher in Frage gestellt werden.

Der Indikator *Charakteristische Gebirgsdurchlässigkeit des Gesteinstyps* wurde anhand von Literaturdaten, bspw. aus Untersuchungen im Bergwerk Morsleben, der Schachanlage Asse und der Waste Isolation Pilot Plant (WIPP⁷) in New Mexico (USA) für Steinsalz bewertet. Er wurde ebenfalls als günstig eingestuft. Auch für Tongesteine wurden Literaturwerte herangezogen, unter anderem aus Gesteinen, die im Rahmen der Erkundung bzw. Forschung zur Endlagerung in der Schweiz und in Frankreich gewonnen wurden. Der Indikator wird für Tongesteine als günstig bewertet.

⁷ <https://www.wipp.energy.gov/>

Für den Indikator *Charakteristischer effektiver Diffusionskoeffizient des Gesteinstyps für tritiiertes Wasser (HTO) bei 25 °C* wird darauf hingewiesen, dass eine experimentelle Bestimmung der Diffusionsgeschwindigkeit mit HTO für Steinsalz nicht durchführbar sei, da das Steinsalz vom Wasser gelöst würde. Er wird daher anhand allgemeiner Materialeigenschaften bewertet. Aufgrund der geringen Porosität von Steinsalz wird von einer „sehr geringen Diffusionsgeschwindigkeit“ (BGE 2020i) ausgegangen und der Indikator für Steinsalz mit günstig bewertet. Für Tongesteine werden experimentell ermittelte Werte aus den Untertagelaboren in Mont Terri in der Schweiz und Bure in Frankreich herangezogen. Da der effektive Diffusionskoeffizient in allen Fällen geringer als $10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ bestimmt wurde, wird der Indikator als günstig bewertet.

Der Indikator *Charakteristischer effektiver Diffusionskoeffizient des Gesteinstyps für tritiiertes Wasser (HTO) bei 25 °C* dient der Bewertung der Diffusionsgeschwindigkeit innerhalb eines Wirtsgesteins bzw. einschlusswirksamen Gebirgsbereichs. Für Tongesteine Anlage 1 zu § 24 StandAG vor, die Diffusionsgeschwindigkeit mittels der Indikatoren *Absolute Porosität* und *Verfestigungsgrad* zu bewerten. Dies hat die BGE im Zwischenbericht Teilgebiete nicht getan, sondern wie für Steinsalz und kristalline Gesteine den effektiven charakteristischen Diffusionskoeffizient herangezogen. Eine Begründung, warum die Indikatoren *absolute Porosität* und *Verfestigungsgrad* nicht genutzt werden, ist den Teilgebietssteckbriefen und dem Referenzdatensatz nicht zu entnehmen. Zum Indikator *absolute Porosität* wird im Referenzdatensatz (BGE 2020i) festgehalten, „da standortspezifisch Untersuchungen durchgeführt werden müssen“, könne „der Indikator als „günstig“ bewertet werden“. Zum Indikator *Verfestigungsgrad* wird ausgeführt: „Da zum jetzigen Zeitpunkt jedoch keine dieser ortsspezifischen Daten vorliegen, werden standortspezifische Untersuchungen durchgeführt werden müssen. Eine allgemeine Aussage zur Ausprägung des Verfestigungsgrades des Wirtsgesteins Tongestein kann nicht erfolgen. Deshalb sind alle drei Wertungsgruppen möglich“ (BGE 2020i).

Das Kriterium zur *Bewertung des Transportes radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich* wurde für Steinsalz und Tongesteine entsprechend der Indikatorbewertungen als günstig bewertet.

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Das Kriterium zur *Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper* wird auf Grundlage gebietspezifischer Daten anhand der Indikatoren *Barrierenmächtigkeit*, *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*, *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* und *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* bewertet. Der Indikator 5 – *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können* – findet nur für Teilgebiete in Tongestein Anwendung. Da dem Kriterium aufgrund der für den Zwischenbericht Teilgebiete zur Verfügung stehenden Datenlage eine besondere Bedeutung zukomme, wird die Gesamtbewertung des Kriteriums durch den am schlechtesten bewerteten Indikator bestimmt (BGE 2020m).

Durch die Erfüllung des Indikators *Barrierenmächtigkeit* soll gezeigt werden, dass die Gesteine des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs als Barriere den Einschluss der eingelagerten Abfallstoffe über mindestens eine Million Jahre gewährleisten. Dazu wird ein Abstand von mehr als 150 m zum Rand des Gesteinskörpers als günstig angenommen. Da die genaue Lage des einschlusswirksamen

Gebirgsbereichs noch nicht bekannt ist, bewertet die BGE eine Mächtigkeit des Wirtsgesteins von 300 m generell als günstig (BGE 2020j).

Durch den Indikator *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* wird sichergestellt, dass die eingelagerten Abfälle vollständig vom Wirtsgestein umschlossen sind, um einen Transport von Schadstoffen aus dem Endlager möglichst zu verhindern. Es wird seitens der Vorhabenträgerin „zum jetzigen Zeitpunkt [...] davon ausgegangen, dass Wirtsgestein und einschlusswirksamer Gebirgsbereich Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind“, der die funktionalen Eigenschaften des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches“ aufweise und „die Anlage eines Endlagerbergwerks“ erlaube. Daher erfolge die Bewertung des Indikators „für alle identifizierten Gebiete aller Wirtsgesteine“ als günstig (BGE 2020j).

Der Indikator *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* dient dem Ausweis, dass das Endlager einen hinreichenden vertikalen Abstand von der Oberfläche bzw. der Biosphäre, und damit von Mensch und Umwelt, hat. Eine Tiefe von 500 m unter GOK wird dabei nach Anlage 2 zu § 24 StandAG als günstig angesehen.

Zur Bewertung des Indikators *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* wird für Steinsalz in steiler Lagerung, der Begründung zum Gesetzesentwurf des StandAG (Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2017) folgend, ein Mindestflächenbedarf von 3 km² angesetzt. Als günstig sind nach Anlage 2 zu § 24 Abs. 3 StandAG Gesteinskörper mit einer Ausdehnung von deutlich mehr als dem 2-fachen Flächenbedarf zu bewerten, als bedingt günstig potenzielle Wirtsgesteine mit einer Ausdehnung von etwa dem 2-fachen Flächenbedarf und als weniger günstig Gesteinseinheiten mit einer flächenhaften Ausdehnung von deutlich weniger als dem 2-fachen Flächenbedarf. Nach dem Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) wird für Steinsalz ein Flächenangebot von 3 – 6 km² als weniger günstig, 6 – 9 km² als bedingt günstig und größer 9 km² als günstig übersetzt. Für Gebiete in Tongesteinen gilt eine Fläche von 10 – 20 km² als weniger günstig, 20 – 30 km² als bedingt günstig und mehr als 30 km² als günstig. Die Bewertung der identifizierten Gebiete wurde „nach der jeweiligen Gesamtfläche des identifizierten Gebiets ohne eine etwaige Teilflächenprüfung“ (BGE 2020j) vorgenommen.

Für Tongesteine wird nach Anlage 2 zu § 24 StandAG zusätzlich der Indikator *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können* herangezogen. Im Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) wird ausgeführt, eine „abschließende Bewertung der identifizierten Gebiete im Tongestein“ nach diesem Indikator sei „zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund fehlender Detailinformationen nicht sinnvoll möglich“. Daher wird er im Zwischenbericht Teilgebiete für alle identifizierten Gebiete in Tongesteinen als günstig bewertet.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Das Kriterium zur *Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit* dient als Maß dafür, wie gut sich die Eigenschaften eines Wirtsgesteins in einem Teilgebiet oder im weiteren Verfahren in einer Standortregion oder an einem Standort beschreiben lassen, und wie gut sich punktuell gewonnene Erkenntnisse aus der Erkundung auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich oder Einlagerungsbereich übertragen lassen. Die Gesteinsausbildung, das Ausmaß der tektonischen

Überprägung der geologischen Einheit, die Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich sowie die räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften dienen hierbei als Indikatoren. Die Bewertung erfolgte jeweils anhand von Fachliteratur.

Für Salinare mit Gesteinen des Rotliegenden, sogenannte Doppelsalinare, wurden die Indikatoren *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich, Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften* und *Gesteinsausbildung* abhängig von ihrem Internbautyp⁸ bewertet. Auf diese Weise soll eine Abschätzung des Anteils an Gesteinen des Zechsteins ermöglicht werden (BGE 2020j). Während im Rotliegenden Salzgesteine und Tonsteine von häufig geringer Mächtigkeit miteinander wechsellagern und nach dem Aufstieg in einem Salzdiapir häufig miteinander vermischt sind, sind die Gesteine des Zechsteins oft durch mächtige Lagen sehr reinen Steinsalzes gekennzeichnet.

Der Indikator *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* wurde für Steinsalz in steiler Lagerung grundsätzlich als bedingt günstig bewertet, da der Salzdiapirismus als tektonischer Prozess selbst zur Überprägung⁹ der beteiligten Gesteine führt (BGE 2020j).

Für Gebiete mit Tongesteinen und stratiformen salinaren Gesteinen erfolgte die Bewertung aller Indikatoren auf Basis geologischer Übersichten und Zusammenfassungen aus Modellierungsprotokollen, die durch Fachliteratur ergänzt wurden.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Das Endlager soll für einen Zeitraum von einer Million Jahren Sicherheit vor den schädlichen Wirkungen der eingelagerten Abfallstoffe bieten. Mit dem Kriterium zur *Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse* wird eine Aussage dazu getroffen, ob die zum Zeitpunkt der Standortauswahl als günstig bewerteten Verhältnisse auch langfristig gewährleistet werden können. Das Kriterium wird für Gebiete mit Steinsalz in steiler Lagerung anhand von Referenzdaten, für Gebiete mit Tongestein oder Steinsalz in stratiformer Lagerung individuell bewertet.

In Anlage 4 zu § 24 Abs. 3 StandAG wird ausgeführt, Indikatoren zur Bewertung des Kriteriums *Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse* seien „insbesondere die Zeitspannen, über die sich die Betrachtungsmerkmale „Mächtigkeit“, flächenhafte beziehungsweise räumliche „Ausdehnung“ und „Gebirgsdurchlässigkeit“ des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht wesentlich verändert haben“. Die BGE beschränkt sich bei der Bewertung des Kriteriums auf diese drei Indikatoren.

Nach dem Referenzdatensatz sind aus vorhandener Literatur „nur indirekt Aussagen zu Änderungen der Indikatoren Mächtigkeit, Ausdehnung und Gebirgsdurchlässigkeit über die Zeit ableitbar“ (BGE 2020i). Es werden eine Reihe von Prozessen aufgeführt, die Auswirkungen auf die räumlichen Eigenschaften Mächtigkeit und Ausdehnung haben können. Diese Prozesse werden für die

⁸ Als Internbautyp werden im Forschungsvorhaben InSpEE (von Goerne et al. (2016) fünf Strukturtypen von Salzvorkommen unterschieden: Salzkissen und flache Sättel (Typ 1), Tektonische Strukturen (Typ 2), Diapire (Typ 3), Kompressiv überprägte Diapire (Typ 4) und Doppelsalinare (Typ 5). Von der BGE ebenfalls als Internbautyp bezeichnet werden Unterscheidungen, die im Sachbericht zum Projekt InSpEE-DS als Doppelsalinare-Internbautypen eingeführt werden.

⁹ Als Überprägung wird die Veränderung von Gesteinen durch tektonische Prozesse bezeichnet. Diese Veränderungen reichen von der Änderung der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse eines Gesteins durch Verstellung oder Faltung bis zur teilweisen Aufschmelzung und Umkristallisation (Anatexis) unter Einfluss von Druck und Temperatur während tektonischer Beanspruchung.

Bewertung der beiden Indikatoren jedoch nicht herangezogen, da im Referenzdatensatz von einer günstigen Ausgangssituation ausgegangen werde. Grundlage dafür ist die Feststellung, dass der Diapirismus an den norddeutschen Salzstöcken im Wesentlichen zum Erliegen gekommen ist und keine oder nur noch sehr geringe Hebungsvorgänge stattfinden. Es wird darauf hingewiesen, dass „für belastbare Aussagen zu diesen Prozessen [...] standortspezifische Untersuchungen nötig“ (BGE 2020i) seien.

Zum Indikator *langfristige Stabilität der Gebirgsdurchlässigkeit* wird ausgeführt, dass im Nachdiapirstadium von Salzstöcken keine wesentlichen Änderungen der Gebirgsdurchlässigkeit mehr stattfinden. Alle Indikatoren des Kriteriums und entsprechend auch das Kriterium selbst werden für Salzstöcke als günstig bewertet (BGE 2020i).

Für Gebiete mit Tongestein und Steinsalz in stratiformer Lagerung werden die drei Indikatoren „aufgrund der Datenlage gemeinsam betrachtet und dementsprechend meistens gleich bewertet“ (BGE 2020j). Die Bewertung des Kriteriums erfolgte jeweils „anhand der Bewertung des am schlechtesten bewerteten Indikators“ (BGE 2020j).

Kriterium 5 zur Bewertung der günstigen gebirgsmechanischen Eigenschaften

Das Kriterium zur *Bewertung der günstigen gebirgsmechanischen Eigenschaften* dient der Beurteilung, inwiefern die Errichtung eines Endlagerbergwerks das jeweilige Wirtsgestein schädigt und unter Umständen zur Entstehung erhöhter Permeabilität¹⁰ in der Umgebung des Grubengebäudes führt. Es soll nach Anlage 5 zu § 24 Abs. 4 StandAG mit Hilfe zweier Indikatoren bewertet werden:

1. das Gebirge kann als geomechanisches Haupttragelement die Beanspruchung aus Auffahrung und Betrieb ohne planmäßigen tragenden Ausbau, abgesehen von einer Kontursicherung, bei verträglichen Deformationen aufnehmen
2. um Endlager Hohlräume sind keine mechanisch bedingten Sekundärpermeabilitäten außerhalb einer unvermeidbaren konturnah entfestigten Auflockerungszone zu erwarten

Die Bewertung der Indikatoren für Steinsalz erfolgt mittels des Referenzdatensatzes anhand von Erfahrungswerten und Literaturstudium. Beide Indikatoren werden nach Darstellung in Anlage 1 A zum ZBTG und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien (BGE 2020a) als günstig bewertet. Nach dem Referenzdatensatz erfolgt die Bewertung jedoch zusammenfassend für das Kriterium ohne Unterscheidung der Indikatoren.

Begründet wird die günstige Einschätzung des Kriteriums mit der Standfestigkeit von Salzgestein, das keinen tragenden Ausbau benötigt, sowie der Annäherung an Werte für die Gebirgsfestigkeit durch Betrachtung der Gesteinsdruckfestigkeit. Mit Verweis auf Lux und Eberth (2002b) wird dargestellt, dass Steinsalz günstige gebirgsmechanische Eigenschaften biete. Zum Beleg werden weitere Literaturquellen sowie praktische Erfahrungen angeführt.

Im Referenzdatensatz (BGE 2020i) wird für die Anwendung des Kriteriums in Gebieten mit Tongestein ausgeführt, dass die Beurteilung des Indikators zur Aufnahme der Beanspruchung aus Auffahrung und Betrieb durch das Gebirge für Tongestein von einer Reihe von Parametern abhängt, die standortspezifisch ermittelt werden müssen. Anhand verschiedener Beispiele wird die

¹⁰ Als Permeabilität bezeichnet man die Durchlässigkeit der Struktur für andere Stoffe wie z. B. Gase oder Flüssigkeiten.

Bandbreite der möglichen Gebirgsdruckfestigkeit in Tongesteinen dargestellt. Der Indikator wird als nicht günstig eingestuft. Der Indikator zur Bildung von Sekundärpermeabilitäten wird unter Verweis auf eine Literaturquelle als günstig bewertet; auch dieser Indikator müsse aber „für eine gezielte Bewertung standortspezifisch“ (BGE 2020i) bewertet werden. Das Kriterium wird für Gebiete in Tongestein zusammenfassend als nicht günstig bewertet.

Kriterium 6 zur Bewertung der Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten

Mit der Bewertung der *Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten* soll sichergestellt werden, dass es auch dann nicht zu einem erhöhten Stofftransport aus dem Endlager kommt, wenn durch die Errichtung eines Endlagerbergwerks induzierte Schädigungen des Gebirges in Betracht gezogen werden. Dabei wird zur Bewertung aller Indikatoren im Rahmen des Referenzdatensatzes auf Erfahrungs- und Literaturwerte zurückgegriffen.

Der Indikator *Verhältnis repräsentative Gebirgsdurchlässigkeit /repräsentative Gesteinsdurchlässigkeit* wird bei einem Wert kleiner als 10 als günstig bewertet. für einen Wert zwischen 10 und 100 erfolgt die Bewertung als bedingt günstig, über 100 als weniger günstig. Dabei wird „aufgrund des Fehlens von ortsbezogenen In-situ-Messwerten [...] das Gebirge als unverritz betrachtet (BGE 2020i). Für Steinsalz in steiler Lagerung wird der Indikator mit 1 angegeben und damit mit günstig bewertet, da „die Gebirgs- und Gesteinsdurchlässigkeit gleich ist“ (BGE 2020i). Für Tongestein wird im Referenzdatensatz (BGE 2020i) angenommen, dass „bei Abwesenheit von Standortdaten [...] ein ausreichend großer Bereich für einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich mit geringer oder keiner Klüftung existiert. Gebirgs- und Gesteinsdurchlässigkeit können damit die gleiche Größenordnung haben“. Damit wäre ein Verhältnis von < 10 anzunehmen und der Indikator als günstig zu bewerten.

Der Indikator *Erfahrungen über die Barrierewirksamkeit der Gebirgsformationen* wird nach Anlage 6 zu § 24 Abs. 4 StandAG mit Hilfe von sieben Erfahrungsbereichen bewertet: rezente Existenz als wasserlösliches Gestein, fossile Fluideinschlüsse, unterlagernde wasserlösliche Gesteine, unterlagernde Vorkommen flüssiger oder gasförmiger Kohlenwasserstoffe, Heranziehung als hydrogeologische Schutzschicht bei Gewinnungsbergwerken, Aufrechterhaltung der Abdichtungsfunktion auch bei dynamischer Beanspruchung, Nutzung von Hohlräumen zur behälterlosen Speicherung von gasförmigen und flüssigen Medien. Laut StandAG ist ein Wirtsgesteinstyp als günstig einzustufen, wenn dieser „anhand eines oder mehrerer Erfahrungsbereiche als gering durchlässig oder geologisch dicht identifiziert wird und dies auch unter geogener oder technogener¹¹ Beanspruchung der Fall ist“ (BGE 2020i). Für Teilgebiete in Steinsalz sieht die BGE drei der Erfahrungsbereiche als erfüllt an. Da Salzformationen laut (BGE 2020i) damit „mehrere der Erfahrungsbereiche“ erfüllen, werden sie für diesen Indikator standortunabhängig in die Wertungsgruppe günstig eingeordnet. Gleiches gilt für Tongesteine, für die nach dem Referenzdatensatz zwei der Erfahrungsbereiche erfüllt sind.

Der Indikator *Rückbildung der Sekundärpermeabilität durch Risssschließung* wird anhand von Materialeigenschaften des Wirtsgesteins bewertet. Ausgehend von der Feststellung, dass „für die genaue Bewertung der Fragestellung Angaben erforderlich sind, die erst im späteren Rahmen der

¹¹ Unter geogener Beanspruchung ist der Einfluss von Kräften zu verstehen, die durch geologische Prozesse, bspw. Senkung oder Hebung der Erdkruste durch Eisbedeckung während Kaltzeiten, wirken können. Technogene, also durch den Einsatz von Technik durch Menschen verursachte Beanspruchungen können insbesondere während der Errichtung und des Betriebs des Endlagerbergwerks entstehen.

Endlagerplanung vorliegen, können“ (BGE 2020i), wird in Phase I des StandAV vorerst eine qualitative Einschätzung des Gesteinsverhaltens, basierend auf den bisher im Bergbau und der Forschung gemachten Erfahrungen, angewendet. Aufgrund dieser Erfahrungswerte werden für Salinargesteine deren viskosen Eigenschaften hervorgehoben, durch die Klüfte im Gestein verheilen können. Die BGE folgt damit (Lux und Eberth 2002a) in ihrer Einschätzung, dass die „Sekundärpermeabilität signifikant reduziert“ wird und bewertet deshalb diesen Indikator für Steinsalz in steiler Lagerung grundsätzlich mit günstig. Für Tongesteine werden im Referenzdatensatz (BGE 2020i) eine Reihe von Mechanismen erläutert, die zur Risschließung beitragen können. Der Indikator wird als günstig bewertet.

Auch zur Beurteilung des Indikators *Rückbildung der mechanischen Eigenschaften durch Rissverheilung* liegen für Steinsalz in der ersten Phase des StandAV keine Werte vor, „so dass vorerst eine auf dem Wirtsgestein basierende Bewertung stattfinden muss“ (BGE 2020i). Unter erneutem Verweis auf Lux und Eberth (2002a) wird der Indikator als günstig bewertet. Für Tongestein werden, ähnlich wie beim Indikator zur Risschließung, im Referenzdatensatz Mechanismen zur Rissverheilung aufgeführt, jedoch keine Information zur Bewertung des Indikators gegeben. Der Indikator wird jedoch als günstig bewertet. Den Indikatoren folgend wurde auch das Kriterium für Gebiete in Tongestein und Steinsalz als günstig bewertet.

Kriterium 7 zur Bewertung der Gasbildung

Die Gasbildungsrate im Endlagerbergwerk soll möglichst gering sein, damit der Gasdruckaufbau klein bleibt und so die Integrität der geologischen Barriere nicht gefährdet wird. Die im Endlagerbergwerk maßgeblich auftretende Gasbildung resultiert aus der Korrosion und Radiolyse von Metall, hier der Abfallbehälter oder der Abfälle selbst, beim Kontakt mit Wasser bzw. Lösungen. Die Menge des Gases, das sich potenziell bilden kann, ist einerseits vom Angebot an Metall und andererseits vom Angebot an Wasser oder Feuchtigkeit abhängig. Da sich die verfügbare Metallmenge aus dem Abfall ergibt, wird die Gasbildung anhand des Indikators *Wasserangebot im Einlagerungsbereich* (StandAG 2017) bewertet. Als Wertungsgruppe gibt das StandAG „trocken“ bis „feucht“ an, ohne dies weiter zu definieren.

Steinsalz ist ein vergleichsweise trockenes Gestein, aber auch darin liegt Wasser in wasserhaltigen Mineralen, als interkristallines Porenwasser oder in Einschlüssen vor. Da der genaue Wassergehalt des jeweiligen Salzgesteins und die daraus resultierende Bewertung derzeit in aller Regel nicht bekannt ist, erfolgt hier die Bewertung anhand von Referenzdaten. In der Arbeitshilfe zu den geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020e) erläutert die BGE, dass bei der Bewertung der Gasbildung neben dem Wasserdargebot auch die Temperatur und das chemische Milieu am Einlagerungsort zu berücksichtigen sind. Eine Gesamtbetrachtung ist entsprechend im Verlauf des Verfahrens noch standortspezifisch erforderlich. Im Referenzdatensatz (BGE 2020i) werden aus Studien Wassergehalte meist < 1 Gewichtsprozent bzw. zwischen 0,84 % und 3,13 % ermittelt. Entsprechend werden der Indikator „Wassergehalt im Einlagerungsbereich“ und daraus resultierend das Kriterium zur *Bewertung der Gasbildung* für Steinsalz für die Phase I des StandAV zunächst als günstig bewertet.

Für Tongestein werden im Referenzdatensatz (BGE 2020i) die komplexen Prozesse erläutert, die zur Gasbildung in einem Endlager führen können und inwiefern in Tongesteinen enthaltenes Wasser zu diesen Prozessen beitragen kann. Der Indikator und das Kriterium werden für Tonstein als günstig bewertet.

Kriterium 8 zur Bewertung der Temperaturverträglichkeit

Durch Temperaturerhöhung im Wirtsgestein aufgrund der Abgabe von Wärme der eingelagerten Abfälle sollen weder ein Festigkeitsverlust noch Sekundärpermeabilität, also Wegsamkeiten für den Transport von Fluiden, entstehen. Zur Beurteilung der Temperaturverträglichkeit des Wirtsgesteins dient das Kriterium 8, das mittels Referenzdaten bewertet wird. Indikatoren sind die *Neigung zur Bildung wärmeinduzierter Sekundärpermeabilitäten* und die *Temperaturstabilität hinsichtlich Mineralumwandlungen*.

Sie werden im Referenzdatensatz für Steinsalz gestützt auf Literaturangaben zu physikalischen und geochemischen Eigenschaften von Steinsalz bewertet. Eine Alternative zur Bewertung mit Literaturdaten böten nur In-Situ-Versuche und Laborversuche an Proben der konkreten zu betrachtenden Standortregionen oder Standorte. Der Indikator *Neigung zur Bildung wärmeinduzierter Sekundärpermeabilitäten* wird als günstig bewertet. Begründet wird diese Einstufung mit einem positiven thermischen Expansionskoeffizienten für Steinsalz (BGE 2020i). Auch der Indikator *Temperaturstabilität hinsichtlich Mineralumwandlungen* wird als günstig bewertet. Temperaturbedingte Mineralumwandlungen in Salinargesteinen finden nach dem Referenzdatensatz (BGE 2020i) als Entwässerung von Salzhydraten statt. Gestützt auf Literaturangaben wird davon ausgegangen, dass Mineralumwandlungen im Temperaturbereich bis 100 °C (siehe § 27 Abs. 4 StandAG) nicht zu erwarten sind.

Für Tongesteine wird der Indikator *Neigung zur Bildung wärmeinduzierter Sekundärpermeabilitäten* „auf Basis eines positiven thermischen Expansionskoeffizienten als „günstig“ eingestuft“ (BGE 2020i). Begründet wird diese Bewertung damit, dass „unterschiedliche Materialeigenschaften für die Wirtsgesteinstypen als vorteilhaft gesehen werden“ (BGE 2020i). Zur Bewertung des Indikators *Temperaturstabilität hinsichtlich Mineralumwandlungen* wird im Referenzdatensatz im Wesentlichen der Prozess der Illitisierung von 3-Schicht-Tonmineralen beschrieben, der unter anderem dazu führt, dass die Quellfähigkeit von Tongesteinen verloren geht. Der Indikator wird im Referenzdatensatz als günstig bewertet. Gleiches gilt für das Kriterium.

Kriterium 9 zur Bewertung des Rückhaltevermögens im einschlusswirksamen Gebirgsbereich

Schadstoffe, die im Endlager nach der Einlagerung freigesetzt werden, sollen möglichst im einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. dem Einlagerungsbereich verbleiben. Dazu können verschiedene physikalische, geochemische und hydrochemische Eigenschaften des Wirtsgesteins beitragen, die mittels des Kriteriums *zur Bewertung des Rückhaltevermögens im einschlusswirksamen Gebirgsbereich* abgeprüft werden. Die Bewertung erfolgt anhand des Referenzdatensatzes.

Die Indikatoren *Sorptionskoeffizienten für die betreffenden langzeitrelevanten Radionuklide*, *Gehalt an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche*, *Ionenstärke des Grundwassers* und *Öffnungsweiten der Gesteinsporen im Nanometerbereich* werden im Referenzdatensatz für Steinsalz mittels Literaturwerten beurteilt.

Der Indikator *Sorptionskoeffizienten für die betreffenden langzeitrelevanten Radionuklide* wird dabei mit Bezug auf verschiedene Literaturquellen als weniger günstig bewertet, weil Sorption in Steinsalz bzw. an der Oberfläche von Halit-Kristallen praktisch nicht stattfindet (BGE 2020i). Nach jetzigem Kenntnisstand gibt es wenige experimentelle Untersuchungen zur Sorption der genannten Radionuklide im Steinsalz. Mehrere Literaturquellen attestieren dem Wirtsgestein Steinsalz eine

„sehr geringe“ bis „nicht signifikante“ Sorption (BGE 2020i), weshalb der Indikator „Sorptionskoeffizienten für die betreffenden langzeitrelevanten Radionuklide“ als weniger günstig eingestuft wurde. Darüber hinaus sind in homogenem Steinsalz keine großen Mengen an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche wie Tonminerale und Eisen- und Mangan-Hydroxide und -Oxihydrate zu erwarten (BGE 2020i). Zwar kann im Oberrotliegenden ein hoher Tonanteil vorausgesetzt werden, aber da der Einlagerungsbereich in möglichst reinem, homogenem Steinsalz realisiert wird, kommt auch hier die Sorptionsfähigkeit des Tongesteins nicht zum Tragen.

Für Gebiete mit Tongestein wird der Indikator im Referenzdatensatz als günstig bewertet. Zur Begründung wird unter Bezugnahme auf verschiedene Fachliteratur auf die „im Vergleich zu den meisten anderen Mineralen [...] hohe Kationenaustauschkapazität“ (BGE 2020i) verwiesen. Tonsteine begünstigten damit „eine wirksame Behinderung der Ausbreitung von Radionukliden“ und es sei „für die meisten Elemente mit einer Sorption zu rechnen“.

Als nicht günstig wird für Steinsalz der Indikator *Gehalt an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche* bewertet. Möglichst reines Steinsalz besteht hauptsächlich aus dem Mineral Halit, welches nicht zu den Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche zählt. In einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich in „möglichst reinem, homogenem Steinsalz“ sind aufgrund der Bildungsbedingungen des Gesteins „keine großen Mengen an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche wie Tonminerale und Eisen- und Mangan-Hydroxide und -Oxihydrate zu erwarten“ (BGE 2020i).

Für Tongesteine wird dieser Indikator unter Verweis auf einen hohen Gehalt an Eisen- und Mangan-Hydroxiden und -Oxihydraten und die hohe reaktive Oberfläche von Tonmineralen als positiv bewertet. Letztere beeinflussen das Quellverhalten und Sorptionsvermögen des Gesteins, die aber abhängig von der Art und Menge der Tonminerale in einem Tongestein deutlich unterschiedlich ausgeprägt sein können (BGE 2020i).

Der Indikator *Ionenstärke des Grundwassers* wird als günstig bewertet. Im Referenzdatensatz (BGE 2020i) wird dargestellt, dass Grundwässer in der Umgebung von Salzstöcken durch Ablaugungsprozesse in der Regel hohe Ionenstärken aufweisen. Auch für Tongestein erfolgt eine günstige Bewertung des Indikators. Es wird jedoch darauf verwiesen, dass „im Tongestein [...] unterschiedliche Salinitäten des Wassers beobachtet werden, die regional schwanken können“ (BGE 2020i).

Zur Beurteilung des Indikators *Öffnungsweite der Gesteinsporen im Nanometerbereich* liegen nur wenige Daten zur Größe von Poren in Steinsalz oder deren Öffnungsweiten vor. Da Steinsalz eine sehr geringe Porosität besitzt und vorhandene Poren Fluidinklusionen enthalten, wird der Indikator auf Grundlage des Referenzdatensatzes (BGE 2020i) als günstig bewertet. Im Tongestein gibt es „generell einen sehr hohen Anteil an Poren mit geringem Durchmesser im Nanometerbereich“ (BGE 2020i). Es wird im Referenzdatensatz weiter ausgeführt, dass die Porengröße in Tongesteinen durch Trocknungsprozesse beeinflusst werden kann und innerhalb einer Tongesteinsformation stratigraphische und regionale Schwankungen der Porengröße auftreten können

Obwohl im Steinsalz eine hohe Ionenstärke angenommen werden kann und davon ausgegangen wird, „dass keine Poren mit Öffnungsweiten größer als im Nanometerbereich vorhanden sind“ (BGE 2020i), erfolgt die Gesamtbewertung für dieses Kriterium in Steinsalz als nicht günstig. Für Tongesteins-Gebiete wird das Kriterium als günstig bewertet.

Kriterium 10 zur Bewertung der hydrochemischen Verhältnisse

Durch das Kriterium zur *Bewertung der hydrochemischen Verhältnisse* soll sichergestellt werden, dass sich die Tiefenwässer und Mineralphasen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich durch die Errichtung des Endlagers und das dabei in das Gebirge eingebrachte Material nicht zu Ungunsten der Langzeitsicherheit verändern. Das Kriterium wird für alle Wirtsgesteine mittels Referenzdaten bewertet.

Die Indikatoren *Chemisches Gleichgewicht zwischen dem Wirtsgestein im Bereich des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und dem darin enthaltenen tiefen Grundwasser, Neutrale bis leicht alkalische Bedingungen (pH-Wert 7 bis 8) im Bereich des Tiefenwassers, Anoxisch-reduzierendes Milieu im Bereich des Tiefenwassers, möglichst geringer Gehalt an Kolloiden und Komplexbildnern im Tiefenwasser und Geringe Karbonatkonzentration im Tiefenwasser* werden anhand von Literaturdaten bewertet.

Der Indikator *Chemisches Gleichgewicht zwischen dem Wirtsgestein im Bereich des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und dem darin enthaltenen tiefen Grundwasser* wird für Steinsalz als günstig bewertet: Nach dem Referenzdatensatz (BGE 2020i) kann das chemische Gleichgewicht „durch den Sättigungsindex dargestellt werden“, zu dem es in Phase 1 des StandAV jedoch noch „keine belastbaren Daten“ gibt. Als Indiz wird daher „eine niedrige Permeabilität zusammen mit einer hohen Mächtigkeit“ genutzt. Daraus kann auf lange Transportzeiten, resultierend lange Verweilzeiten des Wassers und Einstellung eines chemischen Gleichgewichts geschlossen werden.

Für Tongestein wird der Indikator ebenfalls als günstig bewertet. Es wird „aufgrund geringer Fließgeschwindigkeiten [...] generell davon ausgegangen, dass sich Tongestein im chemischen Gleichgewicht mit dem Grundwasser befindet“ (BGE 2020i). Diese Aussage wird im Referenzdatensatz mit einer Auswahl von Quellen untermauert.

Neutrale bis leicht alkalische Bedingungen (pH-Wert 7 bis 8) im Bereich des Tiefenwassers, der zweite Indikator, wird für Steinsalz als nicht günstig bewertet. Unter Verweis auf Literaturquellen und darin enthaltene Messwerte wird für Steinsalz von neutralen bis leicht sauren Bedingungen ausgegangen (BGE 2020i). Für Tongestein hingegen wird mit neutralen bis leicht alkalischen für das Formationswasser gerechnet (BGE 2020i). Zur Veranschaulichung werden im Referenzdatensatz pH-Werte aus Tongesteinen verschiedener europäischer Länder sowie aus Japan dargestellt. Der Indikator wird für Tongestein als günstig bewertet.

Der Indikator *Anoxisch-reduzierendes Milieu im Bereich des Tiefenwassers* wird unter Verweis auf Literaturquellen als günstig beurteilt. Demnach sind für Salzstöcke und die enthaltenen Lösungen reduzierende Bedingungen zu erwarten (BGE 2020i). Zur Bewertung des Indikators für Tongesteine wird darauf verwiesen, dass in den „meisten tiefen Formationen [...] natürliche anoxisch-reduzierende Verhältnisse“ vorliegen, „wobei die mineralogische Zusammensetzung unter anoxischen Bedingungen in tonigen und tonig-mergeligen Gesteinen keinen Einfluss auf die Lösungen im Wirtsgestein nimmt“ (BGE 2020i). Der Indikator wird für Tongesteine als positiv bewertet.

Auch der Indikator *Möglichst geringer Gehalt an Kolloiden und Komplexbildnern im Tiefenwasser* wird für Steinsalz als günstig gekennzeichnet. Nach dem Referenzdatensatz (BGE 2020i) sind Tiefenwässer in Steinsalz nur als Porenwasser oder in Fluideinschlüssen enthalten, die wiederum nur geringe Mengen an Kolloiden enthalten. Unter der für den Referenzdatensatz getroffenen

Annahme, dass ein Endlager in ungestörtem und unverritztem Steinsalz errichtet werden würde, wird auch ein Lösungszutritt mit Zufuhr von Kolloiden in das Grubengebäude ausgeschlossen. Grundsätzlich wird darüber hinaus festgehalten, dass „sich zuverlässige Aussagen zur Menge der Komplexbildner erst im weiteren Verlauf des Verfahrens machen“ lassen.

Im Referenzdatensatz für Tongesteine (BGE 2020i) wird dargestellt, dass „aufgrund hoher Salinitäten der Grundwässer die Stabilität der Kolloide als gering“ erwartet werden kann. Darüber hinaus sei organisches Material, durch dessen Oxidation sich Kolloide bilden, im Tongestein nur in geringer Menge vorhanden und die geringe durchschnittliche Porengröße in Tongesteinen wirke als Ultrafilter für Kolloide. Zu möglichen Komplexbildnern in Tongesteinen liegen keine Aussagen vor. Es werde jedoch erwartet, dass die Gehalte an Komplexbildnern in Tongesteinen nicht gering seien (BGE 2020i). Der Indikator wird als günstig bewertet.

Der letzte Indikator, *Geringe Karbonatkonzentration im Tiefenwasser*, wird für Steinsalz als günstig bewertet, weil die CO₂-Konzentration „im Promillebereich“ (BGE 2020i) liege. „Zuverlässige Aussagen zu eventuell erhöhten CO₂-Vorkommen“ seien jedoch nur aufgrund standortspezifischer Daten möglich. Für Tongesteine wird angenommen, dass die Karbonatkonzentration niedrig sei, jedoch durch karbonatische Zutrittswässer beeinflusst werden könne. In mergeligen Tongesteinen ist der Karbonatanteil höher als in sehr reinen Tongesteinen. Der Indikator wird als günstig bewertet.

Die Gesamtbewertung des Kriteriums erfolgt für Gebiete in Steinsalz mit nicht günstig, für Gebiete in Tongestein als günstig.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium zur *Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge* wird mittels gebietsspezifischer Daten bewertet. Ihm kommt, wie auch dem geowissenschaftlichen Abwägungskriterium 2, „aufgrund der Datenlage zum jetzigen Zeitpunkt eine besondere Bedeutung zu“ (BGE 2020j).

Der Indikator *Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten* wird anhand von Literatur sowie Daten aus der Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen bewertet. Dabei werden Scheitelstörungen im Deckgebirge von Salzstöcken, wie in Kapitel 2.1 dargestellt, nicht berücksichtigt.

Auch die Indikatoren *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge* sowie *Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wurden anhand vorliegender Daten und Literatur zum Aufbau des Deckgebirges bewertet. Insbesondere die Ergebnisse der Anwendung der Mindestanforderungen in Bezug auf die Teufenlage des Gebiets spielen hierbei eine Rolle. Dabei wird der Abstand zur Quartärbasis als Maß zur Bewertung herangezogen.

3 Identifizierte Gebiete und Teilgebiete der Stadt und des Landkreises Osnabrück und deren geologische Einordnung

In Stadt und Landkreis Osnabrück wurden durch Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen gemäß § 22 und § 23 StandAG insgesamt neun Gebiete identifiziert (Tabelle 3-1), von denen nach Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien nach § 24 StandAG anschließend acht dieser identifizierten Gebiete als Teilgebiete ausgewiesen wurden (BGE 2020k).

Tabelle 3-1: Identifizierte Gebiete und Teilgebiete in Stadt und Landkreis Osnabrück

Identifizierte Gebiete (ID)	Teilgebiete (ID)	Wirtsgestein	Stratigrafie
053_00IG_T_f_tpg	004_00TG_053_00IG_T_f_tpg	Tongestein	Paläogen (unteres Tertiär)
055_00IG_T_f_jm	005_00TG_055_00IG_T_f_jm	Tongestein	Dogger (Mitteljura)
188_00IG_T_f_ju	006_00TG_188_00IG_T_f_ju	Tongestein	Lias (Unterjura)
202_02IG_T_f_kru	007_00TG_202_02IG_T_f_kru	Tongestein	Unterkreide
204_02IG_T_f_kro	008_02TG_204_02IG_T_f_kro	Tongestein	Oberkreide
191_05IG_S_f_so	076_03TG_191_05IG_S_f_so	Steinsalz in flacher Lagerung	oberer Buntsandstein (Untertrias)
192_00IG_S_f_jo	077_00TG_192_00IG_S_f_jo	Steinsalz in flacher Lagerung	Malm (Oberjura)
197_06IG_S_f_z	078_06TG_197_06IG_S_f_z	Steinsalz in flacher Lagerung	Zechstein (oberes Perm)
190_02IG_S_f_mm ¹²	kein Teilgebiet	Steinsalz in flacher Lagerung	mittlerer Muschelkalk (Mitteltrias)

Quelle: Tabelle auf Datenbasis (BGE 2020k)

Gemäß § 23 Abs. 1 StandAG werden im StandAV nur die Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein in Betracht gezogen. Im Fachbericht zur Anwendung der Mindestanforderungen (BGE 2020d) werden die möglichen Wirtsgesteine definiert. Im Folgenden werden nur die für die Stadt und den Landkreis Osnabrück relevanten Wirtsgesteine betrachtet.

Als Tongestein werden Sedimentgesteine bezeichnet, die überwiegend (mediane Korngröße) aus Mineralkörnern mit einer Korngröße von weniger als 0,002 mm zusammengesetzt sind. Während

¹² Für das identifizierte Gebiet 190_01IG_S_f_mm wurden von der BGE alle Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen als erfüllt angesehen. Bei der anschließenden Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) wurde festgestellt, dass einige Kriterien als nicht günstig sowie weitere nur bedingt günstig einzuordnen sind. Deshalb wurde es ausgeschlossen, nicht als Teilgebiet ausgewiesen und scheidet fortan aus dem StandAV aus BGE (2020b). Im Folgenden wird das Gebiet daher nicht weiter behandelt.

schwach verfestigte, plastisch verformbare Lockersedimente als „Tone“ bezeichnet werden, handelt es sich bei Tonsteinen um diagenetisch¹³ verfestigte tonige Gesteine. Von der BGE werden im StandAV sowohl Ton als auch Tonstein in der Bezeichnung „Tongesteine“ zusammengefasst. Sowohl das Festgestein Tonstein als auch das Lockergestein Ton werden als mögliches Wirtsgestein betrachtet (BGE 2020d).

Die BGE spricht von „Steinsalz“, wenn das Salzmineral Halit den „gesteinsbildende Hauptbestandteil“ der Steinsalzformationen bildet. Dies wird seitens der BGE immer dann als gegeben angesehen, wenn im Schichtverzeichnis von Bohrungen auf Steinsalz als Hauptkomponente hingewiesen wird (BGE 2020d). Im StandAV wird beim Wirtsgestein Steinsalz zusätzlich unterschieden zwischen steil stehenden Salzstöcken oder flach lagernden Salzformationen. Letztere werden von der BGE auch als „stratiforme“¹⁴ Steinsalzformationen bezeichnet und bilden oft teils mächtige sogenannte „Steinsalzlager“. Allerdings kommt es vor, dass diese teils mächtigen Steinsalzformationen durch einzelne Tonstein- oder Anhydritschichten voneinander getrennt sind oder das Steinsalzlager selbst durch dünnere Bänder von Ton oder Anhydrit verunreinigt ist. Letztendlich werden im Verlauf des StandAV nur übertägige und untertägige Erkundungen Aufschlüsse über die Internstruktur und Reinheit und somit der Eignung einer Steinsalzformation bringen.

Im Untergrund auf dem Gebiet der Stadt und des Landkreises Osnabrück wurden im Wirtsgestein Tonstein die fünf Teilgebiete **004_00TG_053_00IG_T_f_tpg**, **005_00TG_055_00IG_T_f_jm**, **006_00TG_188_00IG_T_f_ju**, **007_00TG_202_02IG_T_f_kru** und **008_02TG_204_02IG_T_f_kro** ausgewiesen (siehe Tabelle 3-1). Im Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung betrifft dies die Teilgebiete **076_03TG_191_05IG_S_f_so**, **077_00TG_192_00IG_S_f_jo** und **078_06TG_197_06IG_S_f_z** sowie das nicht als Teilgebiet ausgewiesene identifizierter Gebiet 190_02IG_S_f_mm zu (Tabelle 3-1), welches im weiteren Verlauf des Berichtes nicht weiter betrachtet wird.

Die Kennung der identifizierten Gebiete, die als Teilgebiet ausgewiesen werden konnten, wurde dabei jeweils zu einer Teilgebiets-Kennung erweitert. Im Folgenden wird aus Gründen der Handhabbarkeit nur die jeweilige Teilgebietskennung in einer verkürzten Form verwendet, also jeweils die ersten drei Ziffern des Teilgebiets, wenn nur ein TG mit dieser Nummer vorkommt, und fünf Ziffern bei allen weiteren. Für Stadt und Landkreis Osnabrück sind dies 004, 005, 006, 007, 008_02, 076_03, 077 und 078_06

Die BGE stellt die Ergebnisse des Zwischenberichts Teilgebiete zusätzlich zur Schriftform in einer interaktiven Kartendarstellung (BGE 2020h) auf der Website des Unternehmens zur Verfügung.

¹³ Als Diagenese wird die Umwandlung (auch Verdichtung oder Kompaktion) von Lockersedimenten in Festgesteine durch die Wirkung von Zeit, Druck, Temperatur und chemischen Reaktionen bezeichnet. Nach Füchtbauer (1988) werden unter Begriff alle mechanischen und chemischen Vorgänge zusammengefasst, die ein Sediment von seiner Ablagerung bis zum Beginn einer Metamorphose, der Veränderung durch Druck und Temperatur bei tieferer Versenkung in die Erdkruste, verändern.

¹⁴ Als stratiform werden Gesteinsvorkommen bezeichnet, die sich innerhalb eines vorhandenen Schichtverbands, parallel zur Schichtung erstrecken. In der Regel wird der Begriff für Erzlagerstätten verwendet, die innerhalb einer Gesteinsschicht gebildet wurden und nicht über Schichtgrenzen hinweg; die BGE nutzt ihn auch zur Unterscheidung zwischen Salinaren, die sich noch im Schichtverband befinden, sich also parallel zu den Grenzen der über- und unterlagernden Gesteine erstrecken, und Salzstöcken, die durch Aufwölbung den Schichtverband durchbrochen und überlagernde Gesteinseinheiten verdrängt oder aufgewölbt haben.

3.1 Teilgebietssegmente im Tongestein der Stadt und Landkreis Osnabrück

Bei den Teilgebieten 004, 005, 006, 007 und 008_02 handelt es sich um die Verbreitung von Tongesteinen, die in Norddeutschland abgelagert wurden und sich über große Flächen mehrerer Bundesländer erstrecken¹⁵. In der Karte zum ZB TG (BGE 2020h) sind Teilgebiete in paläogenen Tongesteinen fliederfarben und solche in prätertiären Tongesteinen in weinrot dargestellt.

Tone und Tonsteine sind feinkörnige Verwitterungsprodukte von Festgesteinen und zählen somit zu den siliziklastischen¹⁶ Sedimenten und Sedimentgesteinen, deren plastische Mineralkomponenten per Definition Korngrößen von weniger als 0,002 mm aufweisen (Meschede 2015). Siliziklastika mit Mineralkomponenten mit größeren Korngrößen werden als Silt- und Sandsteine bezeichnet. Tone und Tongesteine bestehen im Wesentlichen aus unterschiedlichen Tonmineralen (z.B. Illit, Montmorillonit und Kaolinit), Quarz, Glimmermineralen und Feldspat sowie Karbonaten (Meschede 2015).

Tone entstehen durch den Transport von Siliziklastika in fließendem Wasser in Ablagerungsmilieus mit geringer Strömung, welche ermöglichen, dass sich die kleinen Körner über Zeiträume von Millionen von Jahren ablagern können. Dies geschieht meist nach langen Transportwegen z. B. in Seen und Stillwasserbereichen, in Flüssen sowie hauptsächlich marin wie z. B. in der Tiefsee (Meschede 2015). Je nach Ablagerungsmilieu und vorherrschenden klimatischen Bedingungen weisen die Tone unterschiedliche Tonminerale mit beispielsweise unterschiedlichen Farben und Tongehalten sowie durch organisches Material auch Kohlenstoffverbindungen auf. Durch den ständigen Wechsel von Ablagerungsbedingungen können die Tonablagerungen auch durch Eintragungen von grobkörnigeren Schichten (siltig und sandig) unterbrochen sein (Meschede 2015).

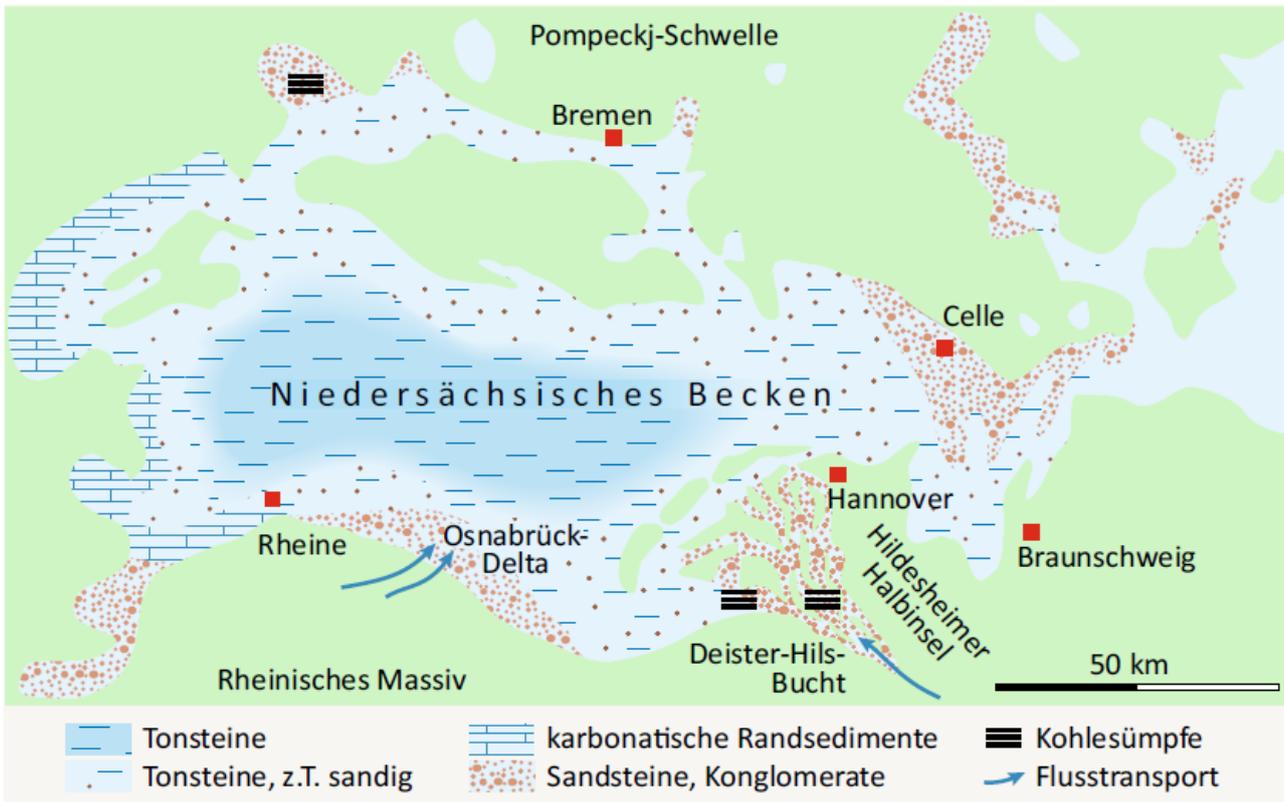
Zur Zeit der Entstehung der meisten Tonformationen im heutigen Gebiet der Stadt und des Landkreis Osnabrücks während des Mesozoikums war der geologische Raum Bestandteil des Niedersächsischen Becken (Abbildung 3-1) und dieses wiederum ein Teil des Norddeutschen Beckens, in das von mehreren Himmelsrichtungen durch sich ständig verändernde Ablagerungsbedingungen unterschiedliche siliziklastischen Sedimenten eingetragen wurden (Meschede 2015). Das heutige Gebiet der Stadt und des Landkreis Osnabrücks bildete dabei den südlichen Rand des Niedersächsischen Beckens.

Nach der Ablagerung durch überlagernde Sedimente verdichten sich die Lockersedimente im Laufe der Jahrtausende und werden diagenetisch durch Druck und Temperatur zu Tongesteinen verfestigt. Je nach Zeit, Druck, Temperatur und Gehalt an organischem Material können auch Kohleflöze, Erdöl- und Erdgasvorkommen entstehen. Wenn den Tonlagen kalkhaltige Siliziklastika zwischengelagert wurden, entstehen bei der Diagenese Mergelsteine. Werden beispielsweise bei der Regionalmetamorphose Druck und Temperatur zu hoch, können Tonsteine zu dünnblättrigen leicht spaltbaren Tonschiefern umgewandelt werden (BGR 2007).

¹⁵ Informationen und eine Bewertung zu den Teilgebieten 004, 005, 006 und 007 können auch der Studie des Öko-Instituts Öko-Institut e.V. (2021) entnommen werden.

¹⁶ Die Bezeichnung Siliziklastika umfasst in der Sedimentologie Sedimente und Sedimentgesteine, deren Kornfraktionen vorwiegend aus Silikatmineralen, wie z. B. Quarz, Feldspat und Tonmineralen zusammengesetzt sind (Meschede (2015)).

Abbildung 3-1: Übersicht über die Faziesverteilung im Niedersächsischen Becken zur Zeit der Unterkreide



Quelle: (Meschede 2015)

Für die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen werden von der BGE vor allem verfestigte, ungestörte sowie mächtige Tonsteinformationen bevorzugt, welche reine und hohe Tongehalte aufweisen (BGR 2007).

Teilgebiete in Tongesteinen und kristallinen Gesteinen werden von der Vorhabenträgerin BGE als Verbreitungsräume stratigraphischer Einheiten ausgewiesen, in denen diese Gesteine vorkommen. Diese Einheiten sind im Untergrund von Deutschland oft flächenhaft verbreitet, treten aber nicht immer flächendeckend auf. Beispielsweise gibt es Bereiche im Untergrund, in denen diese Gesteine nicht auftreten, da sie aufgrund tektonischer¹⁷ Bewegungen in der erdgeschichtlichen Vergangenheit gestört und sowohl vertikal als auch horizontal verschoben wurden. Dadurch kann es vorkommen, dass sich die Tongesteine in manchen Gebieten zum Beispiel nicht in der günstigen Teufe für die Errichtung eines Endlagers befinden. Dies führt dazu, dass die Teilgebiete in Ton- und Kristallingesteinen einer stratigraphischen Einheit oft aus einzelnen Segmenten bestehen, die in der Kartendarstellung als separierte Flächen erscheinen, die von der BGE im ZB TG aber als ein Teilgebiet ausgewiesen werden.

Zur einfacheren Handhabung haben wir die Teilgebietssegmente der einzelnen Teilgebiete, die Stadt und Landkreis Osnabrück betreffen, gekennzeichnet und nummeriert, um bei der Bewertung der Anwendung der Ausschlusskriterien „AK“ (Erläuterung siehe Kapitel 2.1), Mindestanforderungen

¹⁷ Als Tektonik wird die Lehre von der dreidimensionalen Struktur der Erdkruste, der Bewegung und Deformation von Gesteinen und den Kräften, die diese Bewegungen verursachen, bezeichnet.

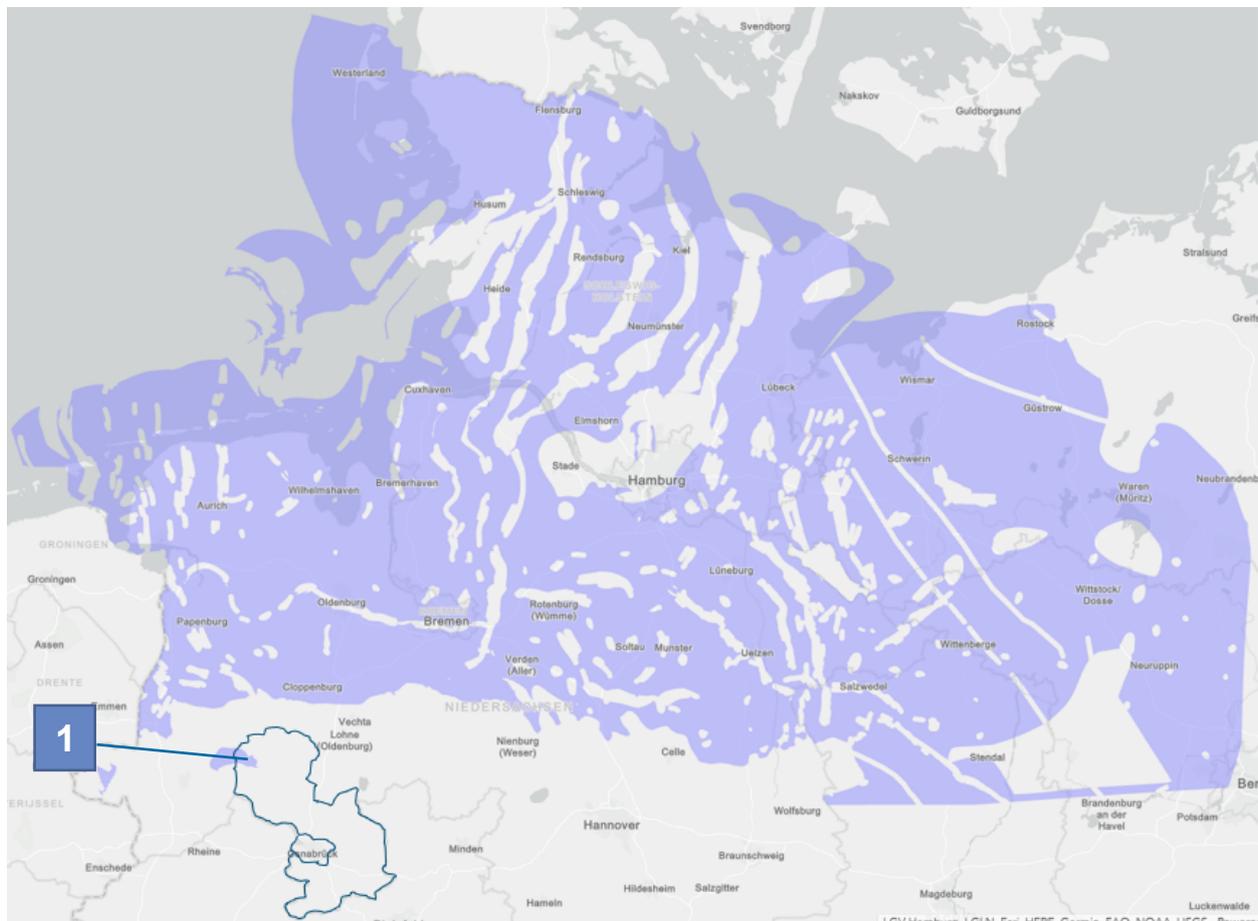
„MA“ (Erläuterung siehe Kapitel 2.2) und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien „geoWK“ (Erläuterung siehe Kapitel 2.3) besser auf die einzelnen Segmente eingehen zu können. Die vorgenommene Nummerierung der Teilgebietssegmente erfolgte willkürlich.

Im Folgenden gehen wir kurz auf die Verbreitung der Teilgebiete ein, ordnen die Entstehung der Gesteine litho-stratigraphisch¹⁸ im Norddeutschen Raum ein und zeigen die einzelnen von uns gekennzeichneten Segmente für den weiteren Verlauf des Vorgehens auf.

004_00TG_053_00IG_T_f_tpg

Teilgebiet 004 umfasst Tongesteine, die vor 66 bis 23 Millionen Jahren im Erdzeitalter des Paläogens (Paläozän bis Oligozän) in Norddeutschland als Sedimente abgelagert wurden. In Stadt und Landkreis Osnabrück ist nur ein Segment mit einer kleinen Fläche im Nordwesten des Landkreises betroffen (siehe Abbildung 3-2).

Abbildung 3-2: Übersichtskarte des Teilgebiets 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg zur Festlegung des Teilgebietssegments



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Stadt- und Landkreisgrenzen von Osnabrück. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes in der Stadt und dem Landkreis Osnabrück.

¹⁸ Die Lithostratigraphie ist eine Methode, mit der man Gesteinseinheiten ausschließlich nach ihren lithologischen Eigenschaften räumlich und strukturell gliedert. Lithologisch unterscheiden sich Gesteine bspw. durch ihre sedimentologischen, petrologischen, mineralogischen, chemischen, paläontologischen, physikalischen und morphologischen Eigenschaften.

Das Teilgebiet 004 beschreibt das größte Verbreitungsgebiet tertiärer Tone und Tonsteine in Deutschland (BGR 2007). Die Sedimentablagerungen verfüllten im Tertiär oft große Mulden und Teilbecken (z. B. Niedersächsisches Becken), welche durch die Salzabwanderung¹⁹ im Untergrund entstanden (LBEG 2017). Während des Tertiärs kam es zu einer beckenweiten Regression²⁰ im Norddeutschen Becken, wodurch erst wieder mit den beckenweiten Transgressionen²¹ im Oberpaläozän und Eozän erneut marine Sedimente abgelagert wurden (BGR 2007).

Die BGE erwähnt namentlich die tertiären Ton- und Tonsteinformationen des Ober-Paläozäns (*Penningsehl- und Basbeckformation*) und des Unter-Eozäns (*Lamstedt-, Fehmarn- und Basbeckformation*) als potenzielle Wirtsgesteine des Tertiärs in Niedersachsen. Diese weisen jedoch oft kalkige, tuffige und sandige Einschaltungen auf. Die Tone selbst werden teilweise als äußerst feinkörnig und plastisch bis seifig beschrieben (BGE 2020f). Dabei ist jedoch zu klären, inwieweit diese Formation überhaupt im südlichen Niedersachsen auftreten und sich darüber hinaus als Wirtsgesteine eignen.

Seitens der BGE wurde darauf hingewiesen, dass die Gesteine der *Rupeltonformation* (tertiäre Tonsteine des oberen Paläogens (Oligozän), etwa 33 bis 28 Millionen Jahre vor heute) dabei nicht als Wirtsgestein für ein Endlager in Frage kommen. Aller Voraussicht nach eignen sich die Tonsteine des oberen Paläogens aufgrund der unmittelbaren Nähe zu Schutzgütern wie z. B. dem Salz- und Süßwasserstockwerk nicht als Wirtsgestein (BGR 2007).

Das für den Landkreis Osnabrück relevante Segment des Teilgebietes 004, das in Abbildung 3-2 nummeriert wurde, wird im Kapitel 5.1 näher beschrieben.

¹⁹ Unter Salzwanderung versteht man die Mobilisation von salinaren Schichten im Untergrund, durch diese bspw. Salzstöcke entstehen können.

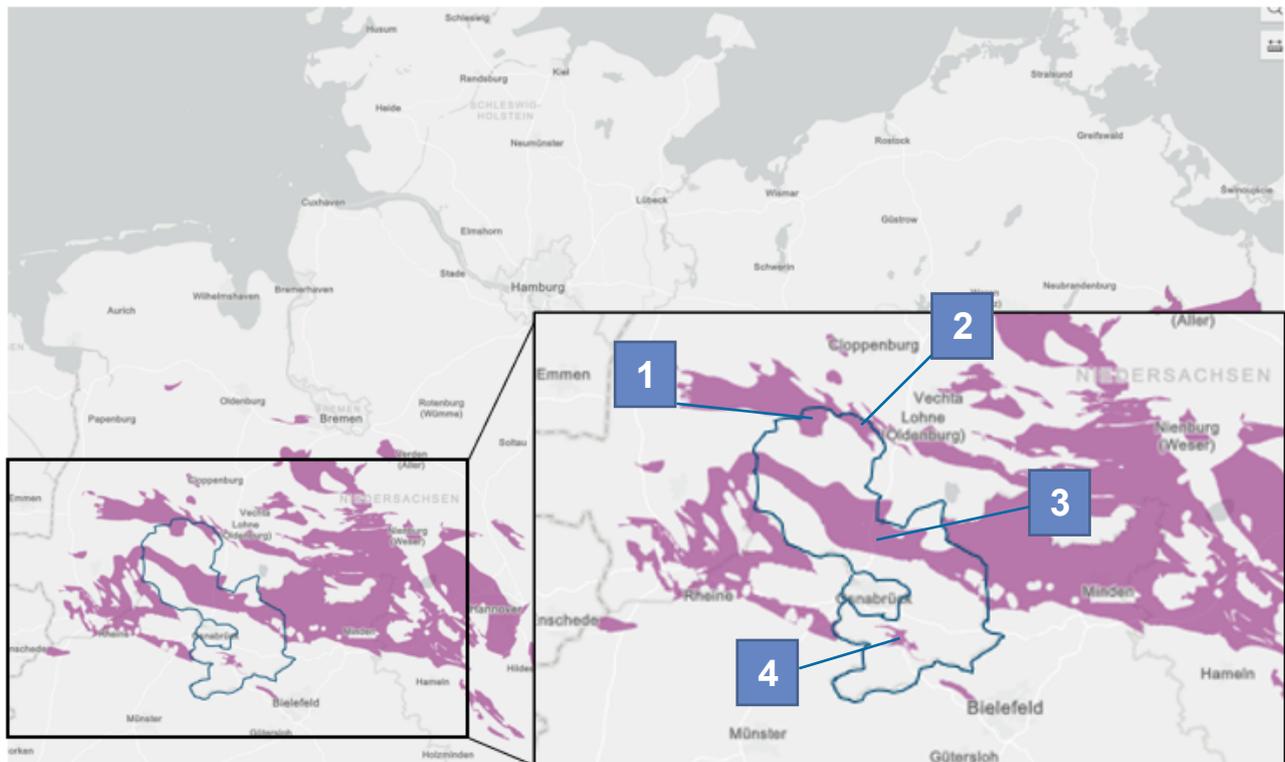
²⁰ Meeresrückzug durch Abnahme des Meeresspiegels oder tektonischer Hebung eines Gebiets.

²¹ Vordringen des Meeres durch Anstieg des Meeresspiegels oder tektonischer Senkung eines Gebiets.

005_00TG_055_00IG_T_f_jm

Teilgebiet 005 umfasst die heutige Verbreitung von Tongesteinen, welche vor etwa 175 bis 161,5 Millionen Jahren im Erdzeitalter des Doggers (Mitteljura) in Norddeutschland als Sedimente abgelagert wurden. Innerhalb der Grenzen der Stadt und des Landkreises Osnabrück liegen vier Segmente dieses Teilgebiets (siehe Abbildung 3-3), auf die in Kapitel 5.2 näher eingegangen wird.

Abbildung 3-3: Übersichtskarte des Teilgebiets 005_00TG_055_00IG_T_f_jm zur Festlegung der Teilgebietssegmente



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Stadt- und Landkreisgrenzen von Osnabrück. Die nummerierten Boxen definieren die jeweiligen Segmente des Teilgebietes in der Stadt und dem Landkreis Osnabrück.

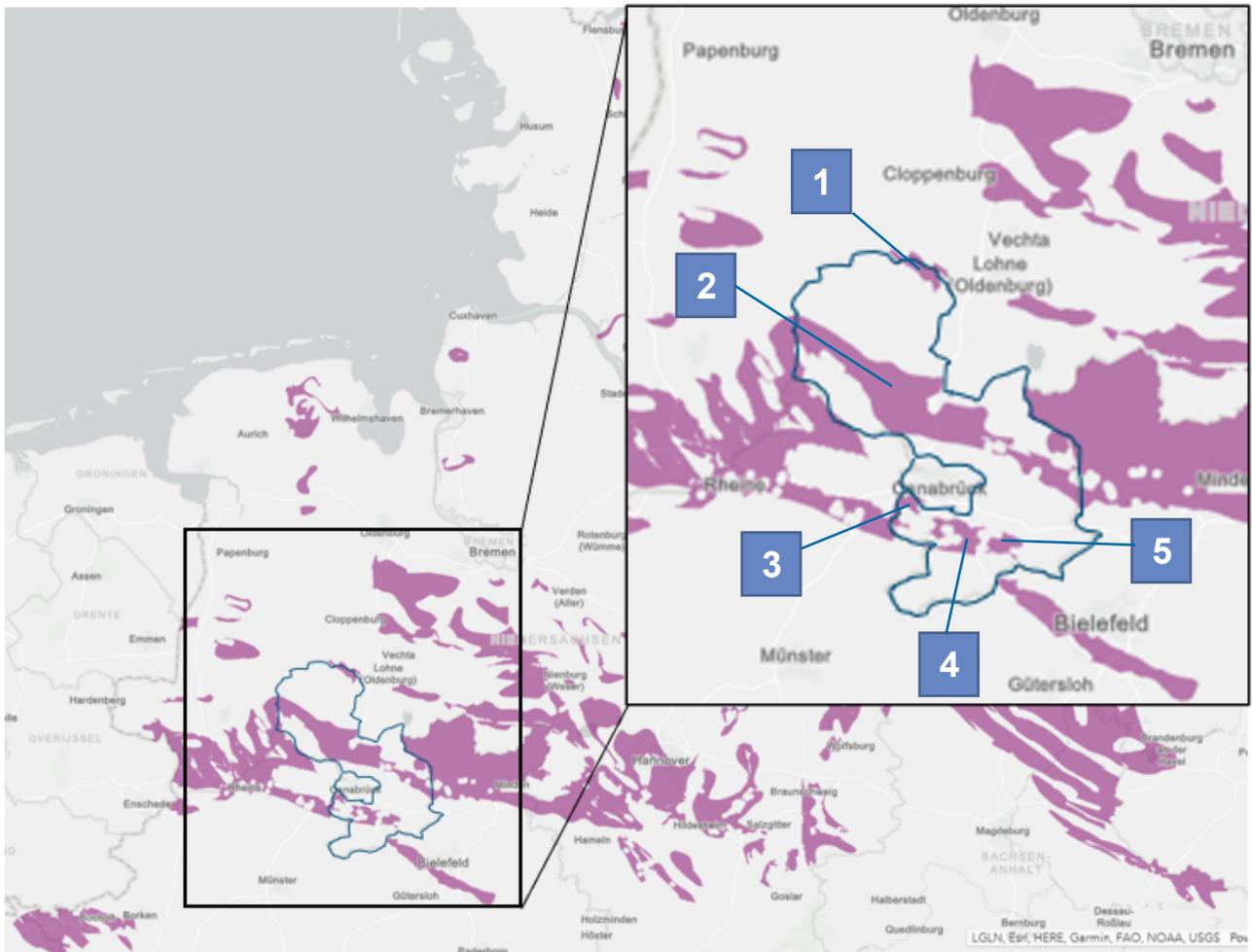
Bei den Tonsteinen des Teilgebiet 005 handelt es sich um tonige Sedimente, die während des Mitteljuras in marinen Milieus abgelagert wurden. Die marine Entwicklung, die an der Wende von Trias zum Jura begann, setzte sich bis in den Dogger fort (BGR 2007). Für den Dogger existieren in Norddeutschland mehrere hundert Meter mächtige Tonsteinschichten (LBEG 2017). Diese sind jedoch bekannt dafür, deutlich häufiger von Sandsteinen unterbrochen zu sein als jene Tonsteine des Unterjuras (BGR 2007).

Die BGE zählt die mitteljurassischen Ton- und Tonsteinformationen der *Ludwigionton-Parkinsonenton-*, *Aspidoideston-* und *Ornatentonformationen* als potenzielle Wirtsgesteine des Doggers in Niedersachsen auf, die in ausreichenden Mächtigkeiten vor allem im, zur Stadt und Landkreis Osnabrück benachbarten, nördlichen Emsland aufgefunden wurden. Die Tonsteine sind teils mit Mergelsteinschichten und Kalksteinen durchsetzt (BGE 2020f). Es ist jedoch zu klären, inwieweit diese Formationen im südlichen Niedersachsen auftreten und ob sie sich tatsächlich als Wirtsgestein eignen.

006_00TG_188_00IG_T_f_ju

Teilgebiet 006 umfasst Tongesteine, die vor 201,5 bis 175 Millionen Jahren im Erdzeitalter des Lias (Unterjura) in Norddeutschland als tonige Sedimente abgelagert wurden (siehe Abbildung 3-4). Innerhalb der Grenzen der Stadt und des Landkreises Osnabrück liegen fünf Segmente dieses Teilgebiets, die im Kapitel 5.3 näher betrachtet werden.

Abbildung 3-4: Übersichtskarte des Teilgebiets 006_00TG_188_00IG_T_f_ju zur Festlegung der Teilgebietssegmente



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Stadt- und Landkreisgrenzen von Osnabrück. Die nummerierten Boxen definieren die jeweiligen Segmente des Teilgebietes in der Stadt und dem Landkreis Osnabrück.

An der Wende vom Erdzeitalter der Trias zum Jura stellte das Norddeutsche Becken aufgrund einer weltweiten Meeresausdehnung einen fast kompletten marinen Ablagerungsraum dar (BGR 2007). Im Unterjura kam es zu einer Wechselfolge von Trans- und Regressionen des Meeres²². Dies hatte zur Folge, dass sich zwischen den tonigen Sedimenten auch immer wieder grobkörnigere sandige Schichten abgelagerten. Der Westen des Norddeutschen Becken ist aber generell von tonigeren Ablagerungen (Westfazies) dominiert. Hier konnten Tonsteinformationen mit mehreren hundert Metern Mächtigkeit entstehen (LBEG 2017).

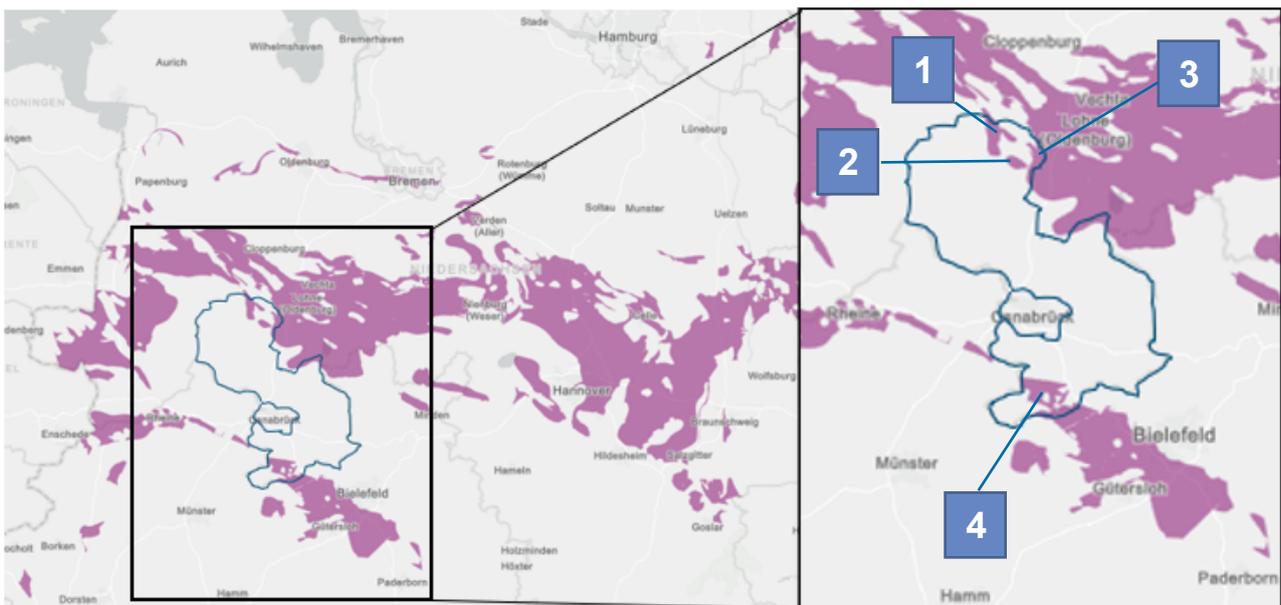
²² Unter Transgression und Regression des Meeres versteht man die Ausdehnung und den Rückzug des Meeres, unter anderem ausgelöst durch Meeresspiegelschwankungen.

Die BGE erwähnt namentlich die Tonsteinformationen des Unterjura: *Psilonoten-*, *Angulaten-*, *Arieten-*, *Obtusus-*, *Capricornumergel-*, *Amaltheen-*, und *Posidonientonschieferformation* (BGE 2020f). Dabei ist jedoch zu klären, inwieweit diese Formationen im südlichen Niedersachsen auftreten und sie sich tatsächlich als Wirtsgesteine eignen.

007_00TG_202_02IG_T_f_kru

Teilgebiet 007 umfasst Tongesteine, die in Norddeutschland vor 145 bis 100,5 Millionen Jahren als Sedimente im Erdzeitalter der Unterkreide abgelagert wurden. Innerhalb der Grenzen der Stadt und des Landkreises Osnabrück liegen vier Segmente dieses Teilgebiets (siehe Abbildung 3-5), die in Kapitel 5.4 näher betrachtet werden.

Abbildung 3-5: Übersichtskarte des Teilgebiets 007_00TG_202_02IG_T_f_kru zur Festlegung der Teilgebietssegmente



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Stadt- und Landkreisgrenzen von Osnabrück. Die nummerierten Boxen definieren die jeweiligen Segmente des Teilgebietes in der Stadt und dem Landkreis Osnabrück.

Das Teilgebiet 007 beschreibt das heutige Hauptverbreitungsgebiet unterkretazischer Tonsteine in Deutschland (BGR 2007). Mit dem Beginn der Unterkreide veränderten sich die Ablagerungsbedingungen im Norddeutschen Becken drastisch. In Zuge der Absenkung des Niedersächsischen Beckens kam es zu einer Regression, wodurch das Becken vom offenen Meer abgetrennt wurde (Meschede 2015). So geht man davon aus, dass die Verbindung des Niedersächsischen Beckens zum offenen Meer während der Stufe des Berrias fast vollständig unterbrochen war (Abbildung 3-1). Dadurch nahm der Eintrag und Vermischung von frischem Wasser mit dem Wasser im Becken ab, was zu brackischen und evaporitischen²³ Ablagerungen führte, die typisch für die Unterkreide in den beckenzentralen Bereichen sind (BGR 2007).

²³ Evaporite sind Salzgesteine, chemische Sedimente und Sedimentgesteine, die durch intensive Verdunstung oder gar Eindunstung salinärer wässriger Lösungen entstehen. (Quelle: Auszug aus <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/evaporite/4434>)

Hier sind vor allem die *Münder Mergel* und *Serpulit Subformationen* als Übergang von Oberjura zu Unterkreide beispielhaft, welche anschließend von eher küstennahen sandig-tonigen, um Osnabrück teils kohleflözführenden Sedimenten der *Wealden Formation* (auch *Bückeberg-Gruppe*) mit teilweise marinen Schichten überlagert werden (Wilde und Schultka 1996).

Im weiteren Verlauf der Unterkreide kam es dann erneut zu marinen Ablagerungen im Niedersächsischen Becken (LBEG 2017). Der Zeitraum Valanginium bis Aptium ist durch sapropelitische²⁴ Tonsteine der tonig-mergeligen Beckenfazies und die Beckenrandbereiche sind durch überwiegende sandige Gesteinstypen geprägt. Zum Ende der Unterkreide markieren mergelige und karbonatische Sedimentgesteine den Übergang zur Oberkreide.

Im Niedersächsischen Becken kann die gesamten Gesteine der Unterkreide Mächtigkeiten von bis zu 2.000 m erreichen, wobei regional die Ablagerungen der marinen Unterkreide allein Mächtigkeiten von mehreren hundert und stellenweise bis zu über 1.000 m aufweisen können.

Die BGE erwähnt namentlich Tonsteine der Unterkreide in nahezu allen Altersstufen (Berias, Valangin, Hauterieve, Barreme, Apt, Alb). Als besonders vielversprechend gelten für die BGE die *Isterberg-*, *Stadthagen-*, und *Hoheneggelsenformationen* der *Bückeberg-Gruppe* sowie die *Sarstedt-* und *Schwicheltformationen* (*Minden-Braunschweig-Gruppe*) im Emsland/Münsterland (BGE 2020f), welche Mächtigkeiten von über 100 m aufweisen sollen. Der überwiegende Teil der marinen Unterkreide in Norddeutschland besteht aus dunkelgrauen Tonsteinen, Tonmergelsteinen und Mergelsteinen (BGR 2007). Diese sind vor allem im Westen und Süden des Niedersächsischen Beckens durch Sandsteineinschaltungen (z.B. der *Wealden Formation*) gestört. Es ist zu klären, ob diese Formationen sich tatsächlich als Wirtsgesteine eignen.

008_02TG_204_02IG_T_f_kro

Teilgebiet 008_02 umfasst Tongesteine, die vor 100,5 bis 66 Millionen Jahren im Erdzeitalter der Oberkreide in Norddeutschland als Sedimente abgelagert wurden. In Stadt und Landkreis Osnabrück ist ein Segment mit einer kleinen Fläche im äußersten Südwesten des Landkreises betroffen (siehe Abbildung 3-6). Dieses Segment des Teilgebietes 008_02 wird im Kapitel 5.5 näher betrachtet.

Mit dem Übergang zur Oberkreide dominieren im Niedersächsischen Becken wieder marine Ablagerungsbedingungen. So breitete sich das sogenannte Kreidemeer während der Oberkreide nahezu flächendeckend über ganz Norddeutschland aus (Meschede 2015). Es dominieren sandige und tonige sowie karbonatische Sedimente, die mächtige Kalk-Mergelabfolgen bildeten (LBEG 2017).

Im heutigen Gebiet der Stadt und des Landkreis Osnabrücks treten Tongesteine der Oberkreide nur am äußersten südlichen Rand auf (BGE 2020I). Die BGE erwähnt namentlich schwach sandige Ton- und Kalkmergelsteine der *Stemwede Formation* als potenzielle Wirtsgesteine (BGE 2020f). Es ist zu klären, ob diese Formationen sich tatsächlich als Wirtsgesteine eignen.

²⁴ faulschlammig

Abbildung 3-6: Übersichtskarte des Teilgebiets 008_02TG_204_02IG_T_f_kro zur Festlegung des Teilgebietssegments



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Stadt- und Landkreisgrenzen von Osnabrück. Die nummerierte Box definiert das jeweilige Segment des Teilgebietes in der Stadt und dem Landkreis Osnabrück.

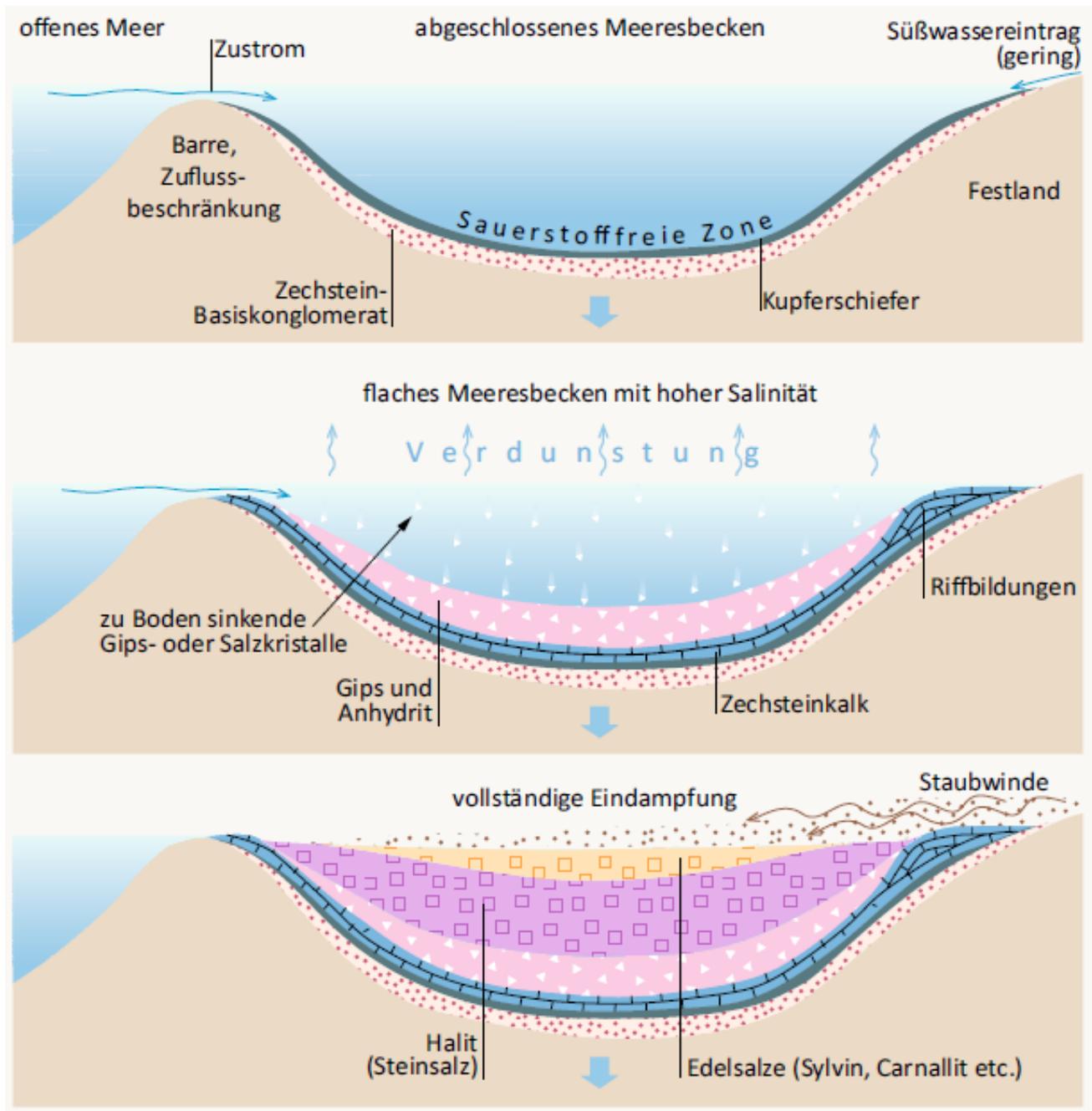
3.2 Teilgebietssegmente im Steinsalz der Stadt und Landkreis Osnabrück

Bei den Teilgebieten 076_03, 077, 078_06 handelt es sich um die Verbreitung von salinaren – also salzführenden – Schichtabfolgen, die in Norddeutschland abgelagert wurden und sich über große Flächen mehrerer Bundesländer erstrecken. In der Karte zum ZB TG (BGE 2020h) sind Teilgebiete in Steinsalzformationen in stratiformer Lagerung in hellblau dargestellt.

Salinare oder Salzgesteine entstehen durch die Verdunstung von salzhaltigen Gewässern – in erster Linie Meerwasser – und gehören zu den evaporitischen Sedimentgesteinen. Der Prozess der Evaporation findet dabei über sehr lange Zeiträume statt, während derer bei fortschreitender Verdunstung des Wassers verschiedene Minerale ausgefällt²⁵ werden. Die BGE spricht vom Wirtsgestein Steinsalz, wenn das Salzmineral Halit das gesteinsbildende Mineral darstellt. Steinsalz ist Hauptbestandteil der Salzabscheidungsfolge. Abbildung 3-7 beschreibt die typische Abfolge der verschiedenen salinaren und nicht salinaren Schichten anhand der marinen Salzabscheidungsfolge der Zechstein-Entwicklung in Deutschland (Meschede 2015). Terrestrische Evaporite, also bei der Eindunstung kontinentaler Gewässer durch Ausfällung entstandene Gesteine, spielen im Zusammenhang mit der Suche nach einem Endlagerstandort in Deutschland keine Rolle.

²⁵ Als „ausfällen“ bezeichnet man den chemischen Vorgang, bei dem gelöste Stoffe durch Änderungen von Parametern, wie z. B. Druck und Temperatur in Form von Kristallen, Flocken oder Tröpfchen ausgeschieden werden.

Abbildung 3-7: Stark vereinfachte schematische Darstellung der marinen Salzabscheidungsfolge am Beispiel der Zechstein-Entwicklung (Werra- und Strassfurt-Folge) in Deutschland



Quelle: (Meschede 2015)

Zur Ausscheidung salinärer Schichten kommt es, wenn sogenannten Barren²⁶ oder abgetrennten Meeresbecken über einen längeren Zeitraum vom Eintrag und der Durchmischung von frischem Meerwasser teilweise oder gänzlich abgeschnitten sind. In solchen Beckenbereichen entstehen zunächst sauerstofffreie Zonen mit hohem Salzgehalt. Mit fortschreitender Trockenlegung der Bereiche und Verdunstung der salinaren Wässer kommt es entsprechend der Löslichkeit der

²⁶ Bodenschwellen im Ozean

Minerale zur typischen Abscheidungsfolge. Diese beginnt mit der Abtrennung der am geringsten löslichen Karbonate (Bsp.: Zechsteinkalk), die sich über den zunächst Siliziklastischen Sedimenten (Konglomeraten, tonigen Schichten) ablageren. Daraufhin werden Sulfate, wie z.B. Anhydrit und Gips abgeschieden, bevor es zur eigentlichen Ausfällung von Halit (NaCl) kommt, welche später die oft mächtigen Steinsalzlager bilden. Anschließend bilden sich je nach Ablagerungsbedingungen und vorherrschendem Chemismus unterschiedliche Edelsalze, wie z.B. Kalisalze²⁷ aus. Die marine Salzabscheidungsfolge endet nach der vollständigen Eindampfung der salinaren Wässer mit dem Eintrag und der Überlagerung von terrestrischen Sedimenten (Meschede 2015).

Es kann zu zyklischen Wiederholungen dieser Ablagerungsabfolgen kommen, die zusätzlich nicht selten durch Einschaltungen von Karbonaten, Sulfaten oder Siliziklastika unterbrochen oder gestört sind.

Für die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen werden von der BGE vor allem mächtige und homogene Steinsalzlager bevorzugt, welche frei von Verunreinigungen durch Anhydrit- oder Gipseinschaltungen sind (BGR 2007). Allerdings sind die Salzformationen in der internen Struktur und, was Schwankungen der Mineralgehalte und -zusammensetzungen betrifft, sehr komplex und können sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen Ausdehnung deutlich variieren, wovon die Eignung des Salzgesteins für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle abhängt (BGR 2014a). Das Institut für Gebirgsmechanik GmbH (IfG 2022) betont, dass im Falle einer ausscheidungsbedingten Abnahme des Halit-Anteils (<88%) die Barrierewirksamkeit des Steinsalzes abnimmt, wodurch eine Eignung als einschlusswirksamer Gebirgsbereich nicht mehr gewährleistet werden kann und die vorherrschende Geologie immer standortbezogen betrachtet werden muss.

Mächtige für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle potenziell geeignete Steinsalzlager (blau) treten in Deutschland in den einzelnen Formationen der stratigraphischen Einheiten Rotliegend (Perm), Zechstein (oberstes Perm), Röt (oberer Buntsandstein), Muschelkalk (Mitteltrias), Keuper (Obertrias), Malm (Oberjura) und Tertiär (Paläogen) auf (IfG 2022).

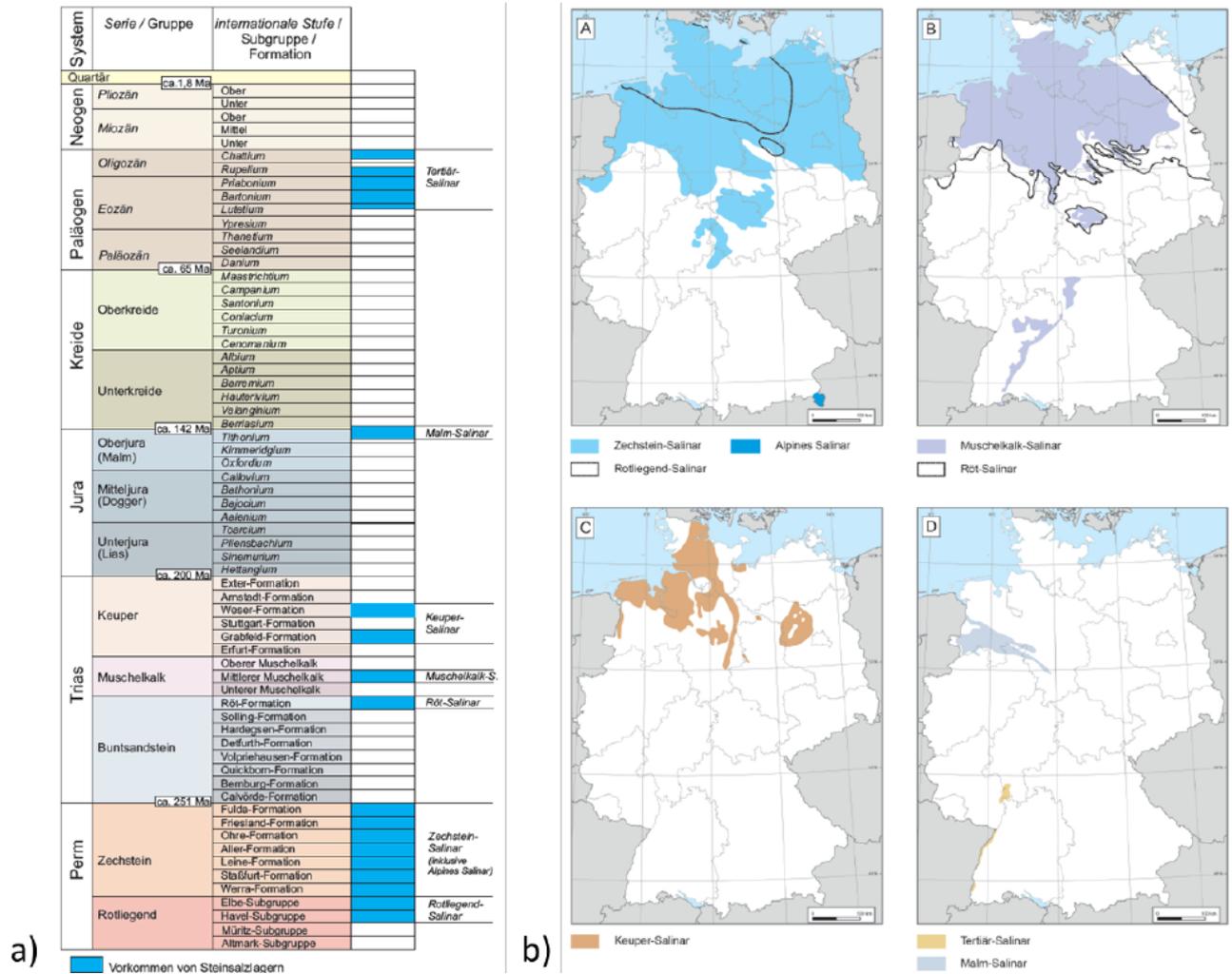
Die Stadt und der Landkreis Osnabrück sind ausschließlich durch die Verbreitung der stratigraphischen Einheiten des Zechsteins (Abbildung 3-8, b, A), des Röt (Salinar) (B) und der Oberjura Salinare (D) betroffen.

Teilgebiete in Steinsalz in stratiformer Lagerung werden, wie Teilgebiete in Tongesteinen und kristallinen Gesteinen von der Vorhabenträgerin BGE als Verbreitungsräume stratigraphischer Einheiten ausgewiesen²⁸, in denen diese Gesteine vorkommen (vgl. Kapitel 3.1). Daher bestehen auch Teilgebiete in Steinsalz in stratiformer Lagerung oft aus einzelnen Segmenten, die in der Kartendarstellung als separierte Flächen erscheinen, von der BGE im ZB TG aber als ein Teilgebiet ausgewiesen werden.

²⁷ Kalisalze sind Salzgesteine, deren Hauptbestandteile aus Kalium-reiche Salzmineralen aufgebaut sind (z. B. Sylvin, Carnallit, Kieserit)

²⁸ Nur Salzstöcke werden als jeweils eigene Teilgebiete betrachtet, auch wenn sie im tiefen Untergrund miteinander verbunden sein können.

Abbildung 3-8: Vorkommen und Verbreitung der salinaren Schichtenfolgen in Deutschland



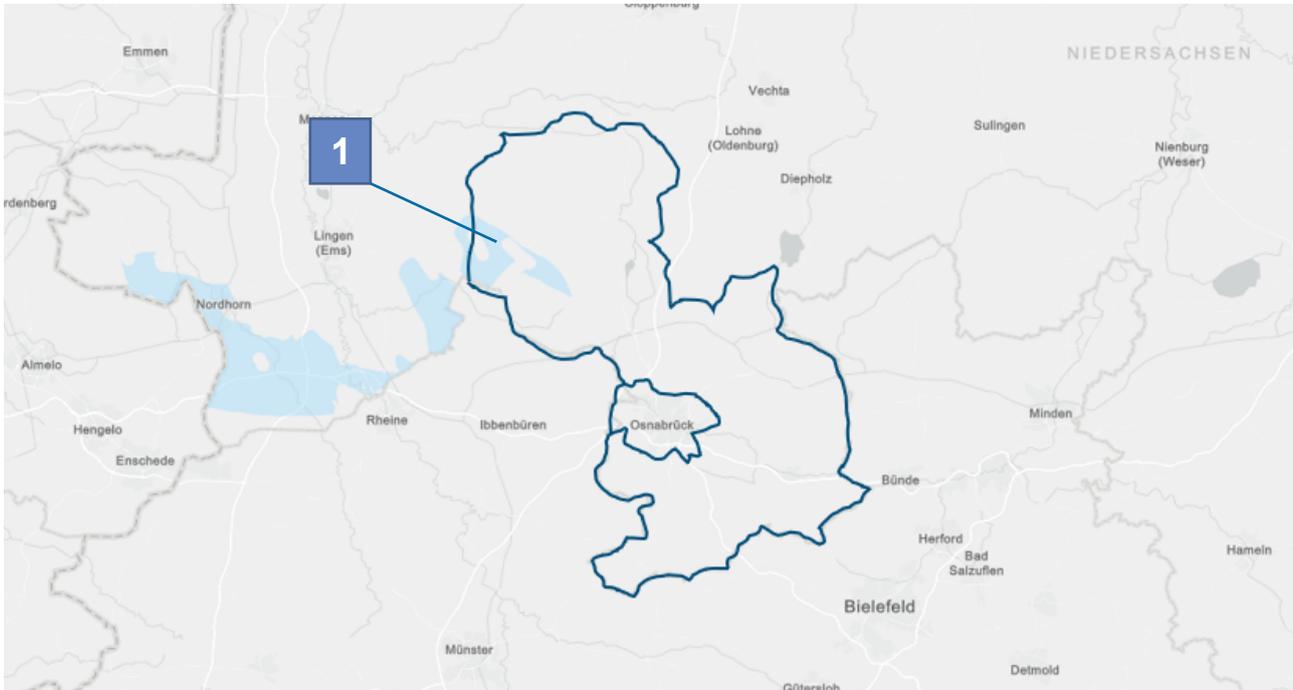
Quelle: (IfG 2022). a) Stratigraphische Position und Bezeichnung. b) Schematische on-shore-Verbreitung der Halit-führenden Schichtenfolgen in Deutschland

Zur einfacheren Handhabung haben wir die Teilgebietssegmente der einzelnen Teilgebiete, die Stadt und Landkreis Osnabrück betreffen, gekennzeichnet und nummeriert, um bei der Bewertung der Anwendung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) besser die einzelnen Segmente behandeln zu können. Im Folgenden gehen wir kurz auf die Verbreitung der Teilgebiete im Ganzen ein, ordnen die Entstehung der Gesteine litho-stratigraphisch im Norddeutschen Raum ein und zeigen die einzelnen von uns ausgewiesenen Segmente für den weiteren Verlauf des Vorgehens auf.

076_03TG_191_05IG_S_f_so

Teilgebiet 076_03 umfasst die heutige Verbreitung von Steinsalz in stratiformer Lagerung in der Münsterländer Tieflandsbucht, das in Norddeutschland vor 247,2 bis 246,5 Millionen Jahren als evaporitische Sedimente im Erdzeitalter des Röt (oberer Buntsandstein) abgelagert wurde. Innerhalb der Grenzen des Landkreises Osnabrück befindet sich ein Segment dieses Teilgebiets (siehe Abbildung 3-9), welches im Kapitel 5.6 näher betrachtet wird.

Abbildung 3-9: Übersichtskarte des Teilgebiets 076_03TG_191_05IG_S_f_so zur Festlegung des Teilgebietssegment



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Stadt- und Landkreisgrenzen von Osnabrück. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes in der Stadt und dem Landkreis Osnabrück.

Während des Zeitalters „Oberer Buntsandstein“ herrschten im Gebiet des heutigen Norddeutschlands aride²⁹ Klimaverhältnisse. Die Ablagerungsbedingung in der heutigen Münsterländer Tieflandsbucht glichen einem flachen Meeresbecken mit eingeschränktem Wasseraustausch, in der sich die siliziklastischen Sedimente ablagern und aus den hochsalinaren Lösungen Evaporite ausbilden konnten.

In Norddeutschland werden die Ablagerungen der unteren Röt-Abfolge vor allem von evaporitisch entstandenen Gesteinsschichten dominiert. Mächtige Steinsalzlager sind aus den *Vitzenburg-Subformation (Röt 1)* und in der *Glockenseck-Subformation (Röt 2)* bekannt (Abbildung 3-10, blau). Beide Steinsalzlager werden von den eher siliziklastischen Ablagerungen der *Göschwitz-Subformation (Röt 2)* unterbrochen. Darüber lagert der obere Teil der Röt-Abfolge mit überwiegend tonigen Sedimenten (rote Tone) des *Röt 3* und *Röt 4* (BGR 2014b).

²⁹ Trocken- bzw. Wüstenklima

Abbildung 3-10: Stratigraphische Stellung des oberen Buntsandstein in Niedersachsen

System	Gruppe / Subgruppe	Formation	Subformation	
Trias	Buntsandstein	Oberer Buntsandstein	Dornburg	} ~Röt 4
			Gleina	
			Karsdorf	} ~Röt 3
			Glockenseck	
			Göschwitz	} ~Röt 2
			Vitzenburg	
		Mittlerer Buntsandstein		
		Unterer Buntsandstein		

Quelle: verändert nach (BGR 2014a) und (DSK 2008). Blau: Entstehungszeitraum von Steinsalzlagern.

Regional haben tektonische Schwellenstrukturen, wie z.B. die im heutigen Landkreis Osnabrück liegende Hunte-Schwelle, die Mächtigkeiten und Ausprägungen der salinaren Ablagerungen deutlich beeinflusst. So besitzen die Ablagerungen der gesamten Röt-Abfolge weniger als 100 Meter Mächtigkeit. Zwischen diesen Schwellen liegen sogenannte Senken mit hohen Steinsalzlagermächtigkeiten, wie z.B. westlich des Landkreises Osnabrück die Ems-Senke bzw. südöstlich des Landkreises Osnabrücks die Weser-Senke mit Mächtigkeiten der gesamten Röt-Abfolge von über 300 Metern (BGR 2014b).

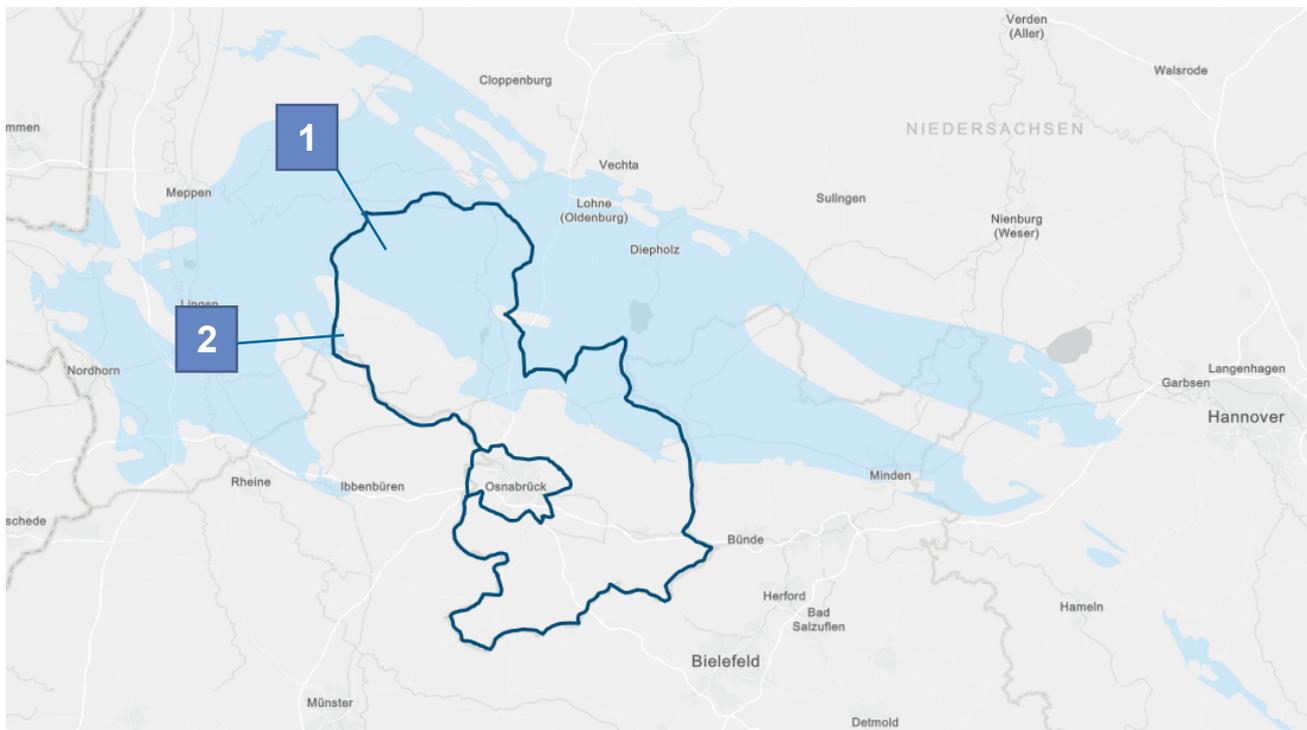
In diesen Senken sowie in den zentralen Beckenbereichen des Norddeutschen Becken sind maximale Mächtigkeiten von 150 – 170 Metern der *Vitzenburg-Subformation (Röt 1)* zu erwarten, auf welche die BGE bei der Suche nach einem Endlager abzielt (BGE 2020f). Die *Glockenseck-Subformation (Röt 2)* weist eher geringe maximale Mächtigkeiten des Steinsalzlagerns von 10 – 20 Metern in tiefer gelegenen Beckenbereichen auf (BGR 2014b).

077_00TG_192_00IG_S_f_jo

Teilgebiet 077 umfasst die heutige Verbreitung von Steinsalz in stratiformer Lagerung im Niedersächsischen Becken, das in Norddeutschland vor etwa 161,5 bis 145 Millionen Jahren als evaporitische Sedimente im Erdzeitalter des Malm (Oberjura) abgelagert wurde. Innerhalb der Grenzen des Landkreises Osnabrück befinden sich zwei Segmente dieses Teilgebiets (siehe Abbildung 3-11), die im Kapitel 5.7 näher betrachtet werden.

In Norddeutschland ist die Zeit des Oberjuras vor allem durch die Entwicklung des zentralen und westlichen Niedersächsischen Becken geprägt, welches zu dieser Zeit in Teil des Jurameeres im Norden Deutschlands bildete (Meschede 2015). Dementsprechend kam es zu überwiegend marinen Ablagerungen siliziklastischer Sedimente, aber auch karbonatischen Ablagerungen und der Ausbildung mächtiger mariner Evaporite zwischen tonigen und siltischen Ablagerungen, die im Zeitalter des obersten Malm im Übergang zur Unterkreide hin entstanden sind (BGR 2014b).

Abbildung 3-11: Übersichtskarte des Teilgebiets 077_00TG_192_00IG_S_f_jo zur Festlegung der Teilgebietssegmente



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Stadt- und Landkreisgrenzen von Osnabrück. Die nummerierten Boxen definieren die jeweiligen Segmente des Teilgebietes in der Stadt und dem Landkreis Osnabrück.

Diese tonigen und siltigen Ablagerungen der oberen Malm-Subgruppe bilden die heutige steinsalzlagerführende Wechselfolge von Ton- und Mergelschichten der sogenannten *Münder Mergel* (Abbildung 3-12).

Die vor allem in den westlichen Bereichen des Niedersächsischen Beckens synsedimentäre³⁰ Ausbildung von Horst- und Grabenstrukturen beeinflussten die siliziklastischen und evaporitischen Ablagerungen der *Münder Mergel*.

³⁰ Geologische Prozesse, die während der Sedimentation stattfinden, werden als synsedimentär bezeichnet.

Abbildung 3-12: Stratigraphische Stellung der Malm-Subgruppe in Niedersachsen

System	Gruppe / Subgruppe		Formation
Jura	Unter- kreide	Malm-Subgruppe	Serpulit
			Münder Mergel
	Oberjura		Eimbeckhäuser Plattenkalk
			Gigas-Schichten
			„Kimmeridge“
			Korallenoolith
			Heersumer-Schichten

Quelle: (BGR 2014a). Blau: Entstehungszeitraum von Steinsalzlager.

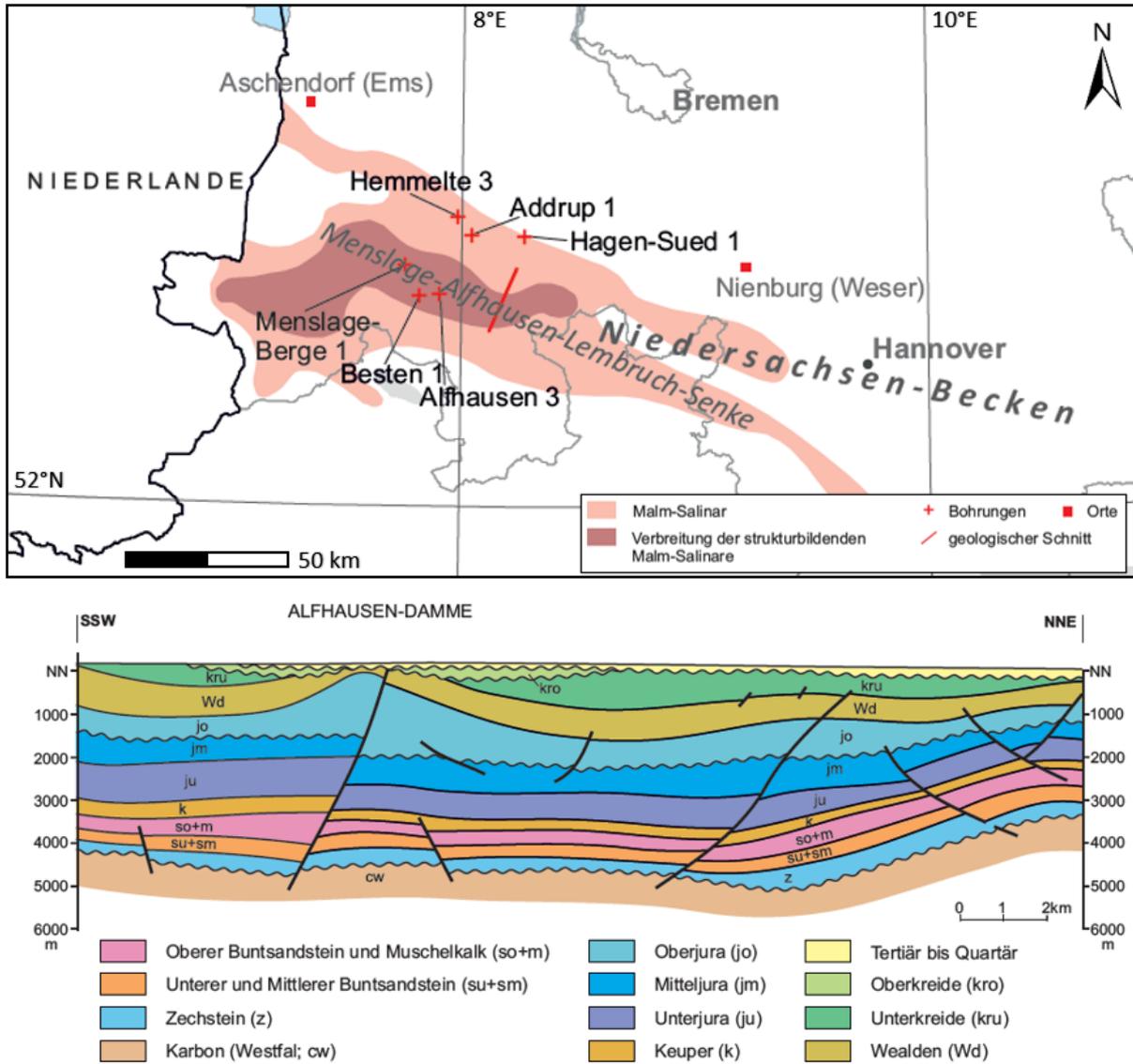
Durch die synsedimentären, tektonischen und späteren halokinetischen³¹ Prozesse variieren die Mächtigkeiten und Fazies der salinaren Ablagerungen, die in den Gräben und Senken innerhalb der Ton- und Mergelwechselfolgen mächtige Steinsalzlager ausbilden konnten, deutlich.

In diesen Senken, wo die *Münder Mergel* besonders dominant vertreten sind, werden Vorkommen mächtiger und strukturbildender Malm-Salinare mit durchschnittlichen Mächtigkeiten von etwa 800 Metern beschrieben (BGR 2014b). In einzelnen Senken des westlichen Niedersächsischen Beckens werden sogar primäre Mächtigkeiten der Steinsalz-Tonstein-Anhydrit-Wechselagerungen von bis 1.000 Metern erwartet. Ein Beispiel für eine solche Senke des Niedersächsischen Beckens stellt die sogenannte *Menslage-Alfhausen-Lembruch-Senke* dar, welche im Westen vom Emsland quer durch den Landkreis Osnabrück bis nach Osten in Richtung Hannover reicht (Abbildung 3-13).

Für die Standortsuche sind daher die *Münder Mergel* besonders vielversprechend, da sich in den Schichtenfolgen von Tonmergelsteinen relativ reine Steinsalzlager mit Mächtigkeiten von mehr als 150 Metern ausgebildet haben, welche durch Anhydrit- und Toneinschaltungen voneinander getrennt sind (BGE 2020f). Durch die Ausdehnung der *Menslage-Alfhausen-Lembruch-Senke* im heutigen Gebiet der Stadt und des Landkreises Osnabrück wird deutlich, dass vor allem in den zentralen Senkenbereichen mächtige strukturbildende Malm-Salinare zu erwarten sind (Abbildung 3-13).

³¹ Die Halokinese beschreibt die Bewegung von Salzstrukturen durch tektonische Prozesse.

Abbildung 3-13: Schematische Verbreitung der Halit-formenden Malm-Salinare in Niedersachsen und deren Lagerungsverhältnisse im Landkreis Osnabrück

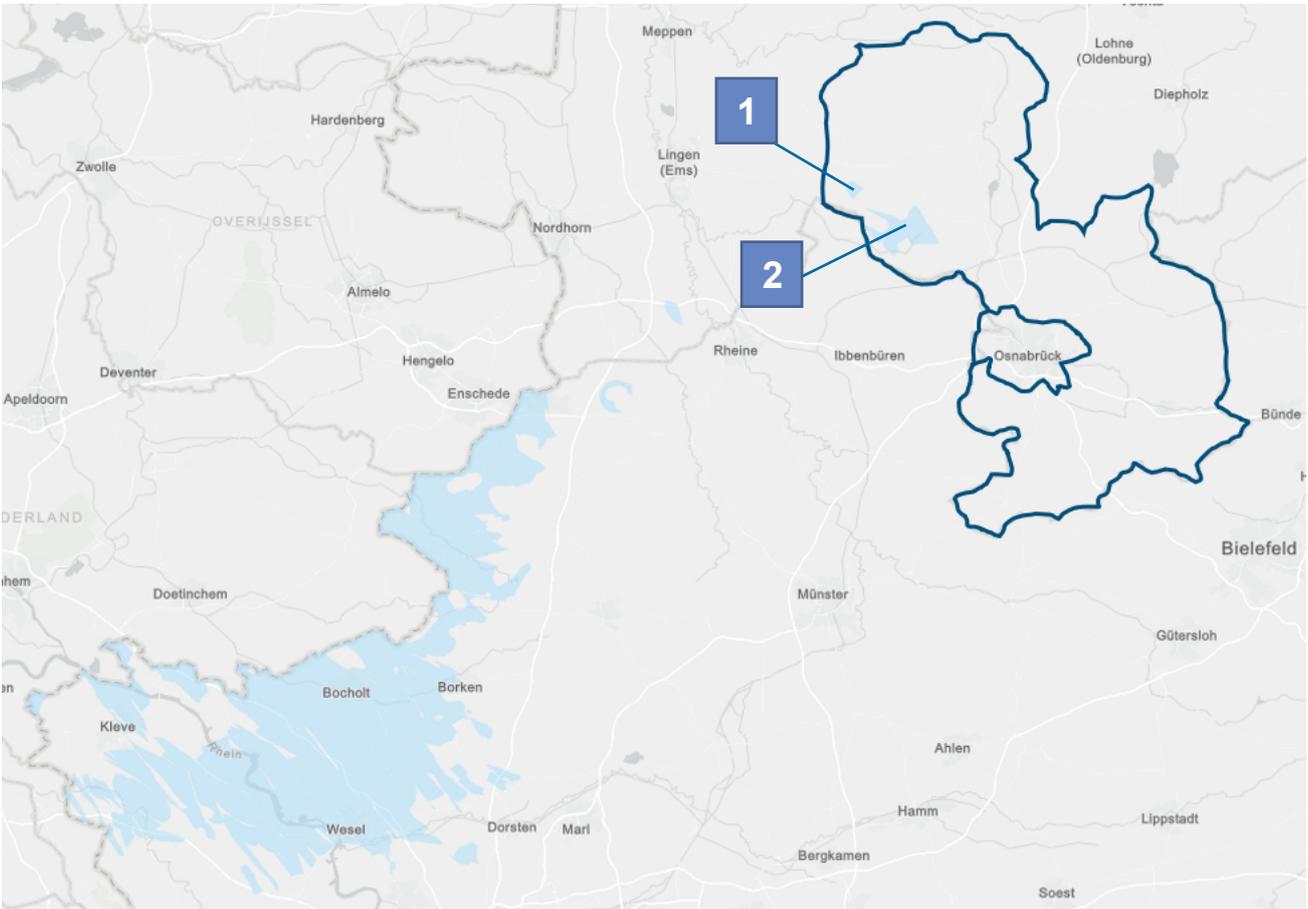


Quelle: Oben: verändert nach (BGR 1977) . Unten: verändert nach (Baldschuhn 2001)

078_06TG_197_06IG_S_f_z

Teilgebiet 078_06 umfasst die heutige Verbreitung von Steinsalz in stratiformer Lagerung im Niederrhein-Ems-Gebiet, das in Norddeutschland vor 257,5 bis 251,9 Millionen Jahren als evaporitische Sedimente im Erdzeitalter des Zechsteins (oberes Perm) abgelagert wurde. Innerhalb der Grenzen des Landkreises Osnabrück liegen zwei kleine Segmente dieses Teilgebietes (siehe Abbildung 3-14), die in Kapitel 5.8 näher betrachtet werden.

Abbildung 3-14: Übersichtskarte des Teilgebietes 078_06TG_197_06IG_S_f_z zur Festlegung der Teilgebietssegmente



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Stadt- und Landkreisgrenzen von Osnabrück. Die nummerierten Boxen definieren die jeweiligen Segmente des Teilgebietes in der Stadt und dem Landkreis Osnabrück.

Im ariden Klima des Perms bildete sich im Norddeutschen Becken der zentrale Teil des südlichen Permbeckens aus (BGR 2014b). Auf das Wüstenklima folgte eine transgressionale Phase, in der in den Senken und Teilbecken des Permbeckens das flache Zechsteinmeer entstand (Meschede 2015). Dort kam es auf Grund der klimatischen Verhältnisse und des geringen Austausches mit frischem Meerwasser zu sich mehrfach wiederholenden zum Teil sehr mächtigen, marinen, evaporitischen Ablagerungen (Vergleich siehe Zechstein-Entwicklung, Abbildung 3-7).

Durch die zyklische Ausbildung der Evaporite haben sich in allen sieben Formationen des Zechsteins (*Werra, Straßfurt, Leine, Aller, Ohre, Friesland, und Fulda*) Steinsalzlager in unterschiedlicher Mächtigkeit und Verbreitung entwickelt (Abbildung 3-15, blau). Regional haben paläogeographische Hochlagen, wie die Hunte-Schwelle die Ausdehnung des Zechsteins

beeinflusst. So verhinderte die Hunte-Schwelle über dem heutigen Gebiet des Landkreis Osnabrück ein Vordringen des Zechsteinmeeres nach Süden. Westlich und östlich des Landkreises reichen die salinaren Schichten in den ehemaligen Randsenken des Zechsteinmeeres wesentlich weiter nach Süden bis bspw. in die Niederrheinische Bucht und ins Werra-Fulda-Becken (BGR 2014b).

Abbildung 3-15: Stratigraphische Stellung des Zechsteins in Niedersachsen

System	Gruppe	Formation
Perm	Zechstein	Fulda 
		Friesland 
		Ohre 
		Aller 
		Leine 
		Werra 

Quelle: (BGR 2014a). Blau: Entstehungszeitraum von Steinsalzlager.

Die BGE geht davon aus, vor allem in den Formationen *Werra*, *Straßfurt*, *Leine* und *Aller* Steinsalzlager mit Mächtigkeiten von über 100 Metern zu finden, welche sich für die Ausweisung eines einschlußwirksamen Gebirgsbereichs eignen (BGE 2020f). Es ist noch zu klären, inwieweit diese Formationen im südlichen Niedersachsen auftreten und ob sie sich tatsächlich als Wirtsgesteine eignen.

4 Anwendung der Ausschlusskriterien auf identifizierte Gebiete in Osnabrück

Wesentliche Grundlage für die Bewertung der Anwendung der sechs Ausschlusskriterien durch die BGE und deren Ergebnisse ist der Bericht „Anwendung Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG“ (BGE 2020c). Darin werden die kriterienspezifischen Anwendungsmethoden beschrieben. Durch die Anwendung der Ausschlusskriterien (AK) auf die identifizierten Gebiete hat die BGE „ausgeschlossene Gebiete“ identifiziert, die in der interaktiven Kartendarstellung der BGE (BGE 2020h) eingesehen werden können. Während die im Zwischenbericht ausgewiesenen Teilgebiete einzeln beschrieben werden, sind ausgeschlossene Gebiete nur in dieser Deutschlandkarte dargestellt. Hier ist zwar festgehalten, welches Ausschlusskriterium jeweils zum Ausschluss geführt hat, Einzelheiten zu den ausgeschlossenen Gebieten oder konkrete Begründungen des Ausschlusses sind jedoch nicht zu finden. Die Identifikation ausgeschlossener Gebiete im Landkreis Osnabrück ist nur mit Hilfe der interaktiven Kartendarstellung der BGE (BGE 2020h) möglich. Die dort dargestellten ausgeschlossenen Gebiete (siehe Abbildung 4-1) sind jeweils mit der Angabe über die jeweilige Quelle der Datengrundlage und mehreren Kennungen versehen (einer sog. „Dokumenten ID“, einer „Dateigruppen ID“, der „Ident der Feature Class innerhalb einer Dateigruppe“ sowie der „Ident des ausgeschlossenen Gebietes“, welches hier im Folgenden jeweils als Bezeichnung genutzt werden wird); bei den aktiven Störungszonen kommt noch eine Klassifizierung hinzu, die aussagt, ob es sich um einen atektonischen oder tektonischen Vorgang handelt. Weitere Informationen zu den einzelnen ausgeschlossenen Gebieten enthalten aber weder der Zwischenbericht selbst noch sind die Quellenangaben zu den untersetzenden Unterlagen hilfreich. Eine Zuordnung der Ident.-Nr. zu einer Ortsangabe oder einem Namen, beispielsweise einem

ausgeschlossenen Bereich aufgrund von Bergbau zum Namen des ehemaligen oder rezenten Bergwerks, ist mittels der Unterlagen des Zwischenberichts Teilgebiete nicht möglich.

Zusätzlich setzen sich die in der Karte dargestellten Flächen ausgeschlossener Gebiete häufig aus mehreren bis vielen einzelnen ausgeschlossenen Gebieten zusammen, die teilweise übereinanderliegen und deswegen zu einem gemeinsamen Punkt oder strich- bzw. wurmförmigen Komplexen verschmelzen.

Im Folgenden wird die Anwendung der Ausschlusskriterien durch die BGE innerhalb der Stadt und des Landkreises Osnabrück dargestellt und eine Bewertung hinsichtlich Nachvollziehbarkeit und Plausibilität vorgenommen.

Großräumige Vertikalbewegungen

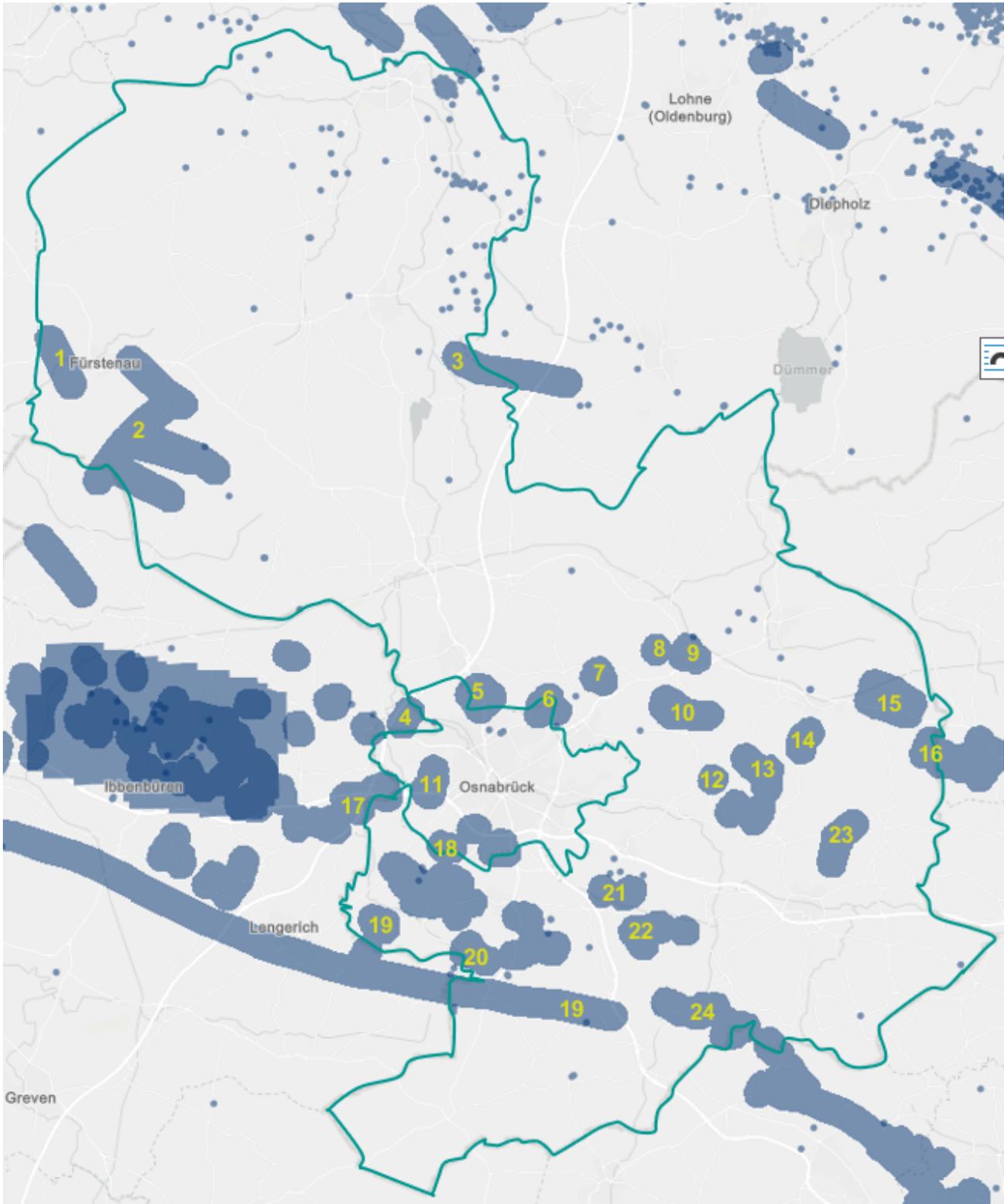
Durch Anwendung des Ausschlusskriteriums *großräumige Vertikalbewegungen* wird von der BGE im Rahmen des ZB TG **kein** Ausschluss vorgenommen; entsprechend wird auch in Stadt und Landkreis Osnabrück kein Gebiet aufgrund dieses Kriteriums ausgeschlossen. Die Begründung, Hebungsdaten von 1.000 m werden im Nachweiszeitraum nicht erreicht, ist auf Basis der vorliegenden Daten nachvollziehbar, sollte aber im Laufe des StandAV wissenschaftlich diskutiert werden. Möglicherweise entspricht das Ausschlusskriterium in seiner derzeitigen Form nicht den Erfordernissen einer auf Langzeitsicherheit gerichteten Berücksichtigung von Hebungsbewegungen der Erdkruste (siehe dazu auch Kapitel 2.1) und sollte präzisiert werden.

Zum jetzigen Zeitpunkt hat die Anwendung dieses Kriteriums auf Grund der momentanen Auslegung für die Stadt und den Landkreis Osnabrück keine Auswirkung hinsichtlich des StandAV. Insofern das Kriterium im Rahmen des lernenden Verfahrens nicht nachgeschärft und angepasst wird, um z. B. die mit dem zukünftigen Wechsel von Kalt- und Warmzeiten und damit einhergehenden Vergletscherungen zu erwartende Hebungs- und Senkungsbewegungen berücksichtigt, ist nicht zu erwarten, dass das Ausschlusskriterium bei erneuter Anwendung in den nächsten Phasen des StandAV zu einem Ausschluss eines der hier betrachteten Teilgebiete führt. Sollte das Kriterium im Rahmen des lernenden Verfahrens angepasst werden, kann eine angepasste Bewertung des Kriteriums auch für die Teilgebiete der Stadt und des Landkreises Osnabrück nötig sein.

Aktive Störungszonen

In Stadt und Landkreis Osnabrück sind auf der Karte (BGE 2020h) insgesamt 24 Bereiche (in Abbildung 4-1 mit gelber Nummerierung gekennzeichnet) mit aufgrund von *aktiven Störungszonen* ausgeschlossenen Gebieten ausgewiesen worden. In den dargestellten ausgeschlossenen Bereichen sind meistens mehrere aktive Störungszonen verortet. Beispielsweise enthält der punktförmige ausgeschlossene Bereich mit der gelben Nummer 7 insgesamt fünf aktive Störungszonen mit den Ident-Nummern 00124621AG(2.1), 0013593AG(2.1), 0018565AG(2.1), 0020765AG(2.1) und 0026042AG(2.1).

Abbildung 4-1: Übersicht über die ausgeschlossenen Gebiete in Stadt und Landkreis Osnabrück



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Stadt- und Landkreisgrenzen von Osnabrück und Nummerierung der aktiven Störungzonen

In allen Teilgebieten innerhalb der Stadt und des Landkreises Osnabrück führen die Störungszonen bei Überlagerung zu einem Ausschluss dieser Bereiche. Die Teilgebiete haben an diesen Stellen entsprechende Aussparungen.

Innerhalb der Landkreisgrenzen sind in der Karte zum Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020h) in TG 004 keine aktiven Störungszonen eingezeichnet. In den anderen Teilgebieten kommt es innerhalb der Landkreisgrenzen zu Ausschlüssen aufgrund der in Tabelle 5-1 dargestellten aktiven Störungszonen. Die Zuordnung der insgesamt 154 Störungszonen zu den betroffenen Teilgebieten kann nur grob vorgenommen werden. Inwieweit die einzelnen Störungszonen die Teilgebiete jeweils betreffen, kann anhand der interaktiven Karte nur abgeschätzt werden. Die gelben Nummern in Abbildung 4-1 fassen zudem jeweils mehrere Störungszonen zusammen. Nicht alle Störungszonen in diesen zusammengefassten ausgeschlossenen Gebieten führen auch zu einem Ausschluss innerhalb der Teilgebiete.

Tabelle 4-1: Störungszonen in den Teilgebietssegmenten innerhalb der Landkreisgrenzen des Landkreises Osnabrück

Ausgeschlossenes Gebiet (gelbe Nr. gemäß Abbildung 4-1)	Betroffene Teilgebiete	Störungszonen-Ident.-Nr.		
1	006	0003561AG(2.1)		
2	006, 078_006	0003563AG(2.1)	0003255AG(2.1)	0002459AG(2.1)
		0003562AG(2.1)	0003564AG(2.1)	0002478AG(2.1)
		0003565AG(2.1)	0004019AG(2.1)	
3		0003194AG(2.1)		
4		0014904AG(2.1)	0017045AG(2.1)	
5		0026030AG(2.1)	0026015AG(2.1)	0015684AG(2.1)
		0015822AG(2.1)	0016550AG(2.1)	0018996AG(2.1)
		0020727AG(2.1)	0016328AG(2.1)	0018082AG(2.1)
		0018831AG(2.1)	0014129AG(2.1)	0017880AG(2.1)
6		0026042AG(2.1)	0013593AG(2.1)	0014621AG(2.1)
		0018565AG(2.1)	0020765AG(2.1)	0026017AG(2.1)
		0020735AG(2.1)	0019885AG(2.1)	0016399AG(2.1)
7		0026042AG(2.1)	0013593AG(2.1)	0014621AG(2.1)
		0020765AG(2.1)		
8	005, 006	0018158AG(2.1)		
9	005, 006	0026003AG(2.1)	0014407AG(2.1)	0019577AG(2.1)
10		0013701AG(2.1)	0013900AG(2.1)	0014197AG(2.1)
		0015144AG(2.1)	0015319AG(2.1)	0016019AG(2.1)
		0016315AG(2.1)	0018448AG(2.1)	0018616AG(2.1)
		0018804AG(2.1)	0020762AG(2.1)	
11		0017674AG(2.1)	0014460AG(2.1)	0015486AG(2.1)
		0016536AG(2.1)		
12		0017669AG(2.1)		
13		0014344AG(2.1)	0014602AG(2.1)	0016949AG(2.1)
		0016960AG(2.1)	0017806AG(2.1)	0018969AG(2.1)
		0019024AG(2.1)	0019872AG(2.1)	0019964AG(2.1)
		0019994AG(2.1)	0020710AG(2.1)	0026002AG(2.1)
		0026009AG(2.1)	0026010AG(2.1)	0026021AG(2.1)
		0026023AG(2.1)	0026029AG(2.1)	0026044AG(2.1)

Ausgeschlossenes Gebiet (gelbe Nr. gemäß Abbildung 4-1)	Betroffene Teilgebiete	Störungszonen-Ident.-Nr.		
14	006	0026037AG(2.1)	0026019AG(2.1)	0016519AG(2.1)
		0014951AG(2.1)		
15	005, 006	0003246AG(2.1)	0003247AG(2.1)	
16	005, 006	0018177AG(2.1)	0014561AG(2.1)	0026008AG(2.1)
		0018650AG(2.1)	0016283AG(2.1)	
17	006	0013719AG(2.1)	0013860AG(2.1)	0017286AG(2.1)
		0018403AG(2.1)	0019379AG(2.1)	
18	006	0013662AG(2.1)	0013969AG(2.1)	0014019AG(2.1)
		0014094AG(2.1)	0014098AG(2.1)	0014539AG(2.1)
		0014841AG(2.1)	0014870AG(2.1)	0015452AG(2.1)
		0015507AG(2.1)	0016449AG(2.1)	0017468AG(2.1)
		0017640AG(2.1)	0017722AG(2.1)	0017822AG(2.1)
		0018132AG(2.1)	0018526AG(2.1)	0019433AG(2.1)
		0019521AG(2.1)	0019634AG(2.1)	0019655AG(2.1)
		0019822AG(2.1)	0020252AG(2.1)	0025951AG(2.1)
		0025973AG(2.1)	0025989AG(2.1)	
19	006	0007393AG(2.1)		
20	005, 006	0018468AG(2.1)	0018472AG(2.1)	0016036AG(2.1)
		0014496AG(2.1)	0025960AG(2.1)	0019490AG(2.1)
		0018736AG(2.1)	0018735AG(2.1)	0014099AG(2.1)
		0020085AG(2.1)	0018141AG(2.1)	0013934AG(2.1)
21	006	0016428AG(2.1)	0017683AG(2.1)	0013894AG(2.1)
22	005, 006	0017676AG(2.1)	0019114AG(2.1)	0016911AG(2.1)
		0020087AG(2.1)		
23		0018075AG(2.1)	0019015AG(2.1)	0026046AG(2.1)
		0017155AG(2.1)	0017547AG(2.1)	
24	005, 006	0025971AG(2.1)	0025992AG(2.1)	0019079AG(2.1)
		0025959AG(2.1)	0018709AG(2.1)	0015415AG(2.1)
		0025962AG(2.1)	0020187AG(2.1)	0018868AG(2.1)
		0019369AG(2.1)		

Quelle: (BGE 2020h)

Die Anwendung des Ausschlusskriteriums *Aktive Störungszonen* im Zwischenbericht Teilgebiete durch die Vorhabenträgerin ist für Stadt und Landkreis Osnabrück nachvollziehbar.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit

Aus der interaktiven Kartendarstellung zum ZB TG (BGE 2020h) geht hervor, dass in Stadt und Landkreis Osnabrück kein Ausschluss aufgrund stillgelegter oder in Betrieb befindlicher Bergwerke vorgenommen wurde (siehe Abbildung 4-1, kleine blaue Punkte). Es wurden jedoch eine größere Zahl von Bohrungen als ausgeschlossene Gebiete markiert. Inwieweit diese bei den Darstellungen der Teilgebiete im ZB TG berücksichtigt wurden und ggf. bei erneuter Anwendung der Ausschlusskriterien im Rahmen der rvSU zu weiteren Ausschlüssen bzw. spezifischeren Ausweisung der Teiluntersuchungsräume (TUR) führen, ist nicht vollständig nachvollziehbar. Auch ausgeschlossene Gebiete aufgrund von Bohrungen können nur mittels der interaktiven Karte zum

ZB TG identifiziert werden. Sie werden ebenfalls nur mit einer Ident.-Nr. (oder sogar nur mit Dokumenten ID, Dateigruppen ID und ID der Feature Class innerhalb einer Dateigruppe) bezeichnet, nicht jedoch mit den Namen der Bohrungen. Eine Zuordnung der ausgeschlossenen Gebiete kann teilweise mit Hilfe der Bohrpunktkarten der BGR³² und des niedersächsischen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)³³ vorgenommen werden. Auf Bohrungen, die sich auf der Fläche von Teilgebieten oder in deren unmittelbarer Nähe befinden und für die Bewertung der Ausweisung von Teilgebieten relevant sein können, wird in Kapitel 5 bei der Anwendung der Mindestanforderungen auf Teilgebiete in der Stadt und im Landkreis Osnabrück stichprobenartig näher eingegangen. Insgesamt erscheint die Methodik zum Ausschluss von Gebieten auf Grund bergbaulicher Tätigkeit an dieser Stelle nachvollziehbar.

Seismische Aktivität

Aufgrund des Kriteriums *Seismische Aktivität* wurde im Bereich der Stadt und des Landkreises Osnabrück kein Ausschluss vorgenommen. Tektonisch bedingt befinden sich seismisch aktive Gebiete vorwiegend im Westen und Südwesten des Bundesgebiets.

Vulkanische Aktivität

Das Ausschlusskriterium *vulkanische Aktivität* führte in Stadt und Landkreis Osnabrück zu keinem Ausschluss. Die Gebiete, die bisher aufgrund quartären Vulkanismus ausgeschlossen wurden, befinden sich ausschließlich in der Eifel bzw. im Gebiet des Egergrabens.

Unter der Maßgabe, im ersten Schritt des Standortauswahlverfahrens den ungerechtfertigten Ausschluss möglicherweise geeigneter Gebiete zu vermeiden, kann die Anwendung des Ausschlusskriteriums *Vulkanische Aktivität* als nachvollziehbar angesehen werden (siehe auch Öko-Institut e. V. (2020)). Allerdings wurden durch diese Anwendung große Gebiete, für die in der Zukunft unter Umständen Vulkanismus erwartet werden kann, außer Acht gelassen. Dies betrifft beispielsweise die Gebiete, in denen tertiärer Vulkanismus nachgewiesen ist. So wies auch die BGR in ihrem Vortrag zum Ausschlusskriterium *Vulkanische Aktivität* während des ersten Beratungstermins der Fachkonferenz Teilgebiete darauf hin, dass sowohl Gebiete mit zukünftigem Vulkanismus bisher nicht ausgeschlossen wurden als auch das Neuauftreten oder das Wiederaufleben älterer Vulkane im ZB TG unberücksichtigt blieb. Auch die Verlagerung vulkanischer Aktivität wurde demnach bisher außer Acht gelassen (May 2021).

Das Ausschlusskriterium *Vulkanische Aktivität* wurde somit im vorliegenden Schritt des Standortauswahlverfahrens nur unvollständig angewendet. Im weiteren Verfahren sollte geprüft werden, inwieweit die Einbeziehung tertiärer Eruptionszentren und eines größeren Sicherheitsabstands bei der Anwendung des Kriteriums notwendig sind (siehe dazu auch BGR (2019b)). Auch unter zukünftig möglicher Einbeziehung tertiären Vulkanismus ist jedoch im Gebiet der Stadt und des Landkreises Osnabrück nicht mit einem Ausschluss zu rechnen.

³² <https://boreholemap.bgr.de/mapapps/resources/apps/boreholemap/index.html?lang=de>

³³ <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=2UtzQkmr#>

Grundwasseralter

Im Gebiet der Stadt und des Landkreises Osnabrück wurden keine Ausschlüsse aufgrund des Grundwasseralters vorgenommen. Wie in Kapitel 2.1 erläutert, erfolgt durch das Kriterium *Grundwasseralter* kein zusätzlicher Ausschluss über die zugehörigen Bohrlöcher hinaus.

Die Methodik zur Anwendung des Kriteriums im Rahmen des ZB TG kann aufgrund der zur Verfügung stehenden Datenlage nachvollzogen werden. Im weiteren Verfahren müssen standortspezifische Beprobungen vorgenommen werden. Da die Stadt und der Landkreis Osnabrück durch mächtige quartäre Lockersedimente und teils schwach verfestigte tertiäre Sedimentgesteine geprägt ist, können ein hydraulischer Anschluss auch tieferer Grundwasserstockwerke an oberflächennahe Grundwasserleiter und damit das Auftreten junger Grundwässer in der Umgebung potenziell geeigneter Wirtsgesteine nicht ausgeschlossen werden.

5 Anwendung der Mindestanforderungen auf identifizierte Gebiete in Stadt und Landkreis Osnabrück

Im Vergleich zu den Ausschlusskriterien werden die Mindestanforderungen von Seiten der BGE deutlich weniger umfangreich diskutiert. Da es auch hier Interpretationsspielraum gibt, wäre eine im Detail tiefere Diskussion hinsichtlich der konkreten Umsetzung wünschenswert. Die erneute Anwendung der Mindestanforderungen erfolgt im Rahmen der Prüfschritte der rvSU im zweiten Schritt der Phase I, an deren Ende Standortregionen für die übertägige Erkundung ausgewiesen werden (siehe hierzu auch Kapitel 7).

Auf dem Gebiet der Stadt und des Landkreises Osnabrück erfüllen die Teilgebiete 004, 005, 006, 007, 008_02, 076_03, 077 und 078_06 alle Mindestanforderungen.

Im Detail wird jedes identifizierte Gebiet in Form eines Steckbriefs in der Anlage IG-Steckbriefe (BGE 2020g) dargestellt. Jeder Steckbrief besteht aus einem Lageplan und einer tabellarischen Zusammenstellung von Charakteristika. Diese werden ergänzt durch einen Profilschnitt und einen Textteil, der in die Abschnitte „Allgemeine Geologie“ und „Lokale, spezifische Geologie“ gegliedert ist. Die im tabellarischen Teil wiedergegebenen Informationen zur Bewertung der Mindestanforderungen sind in Tabelle 5-1 zusammengestellt. Der Textabschnitt der Anlage IG-Steckbriefe (BGE 2020g) enthält keine standort- oder gebietspezifischen Informationen, sondern lediglich allgemeine Informationen zur Geologie von Norddeutschland und der Entstehung der jeweiligen Tongesteine bzw. Steinsalzformationen.

Tabelle 5-1: Charakteristika der betrachteten Teilgebiete zur Anwendung der Mindestanforderungen

	TG 004	TG 005	TG 006
Wirtsgesteinstyp	Tongestein	Tongestein	Tongestein
Stratigraphie	Paläogen (Tertiär)	Dogger (Mitteljura)	Lias (Unterjura)
Bundesländer	Niedersachsen, Bremen, Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt	Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt	Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein
Gebirgsdurchlässigkeit	erfüllt	erfüllt	erfüllt
Mächtigkeit	max. 1.055 m	max. 1.200 m	max. 1.200 m
Teufenlage der Struktur	400 – 1.500 m u. GOK	400 – 1.500 m u. GOK	400 – 1.500 m u. GOK
Gesamtfläche	62.885 km ²	18.811 km ²	18.564 km ²
Barriereintegrität	erfüllt	erfüllt	erfüllt
	TG 007	TG 008_02	TG 076_03
Wirtsgesteinstyp	Tongestein	Tongestein	Steinsalz in stratiformer Lagerung
Stratigraphie	Unterkreide	Oberkreide	Röt (oberer Buntsandstein/Untertrias)
Bundesländer	Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt	Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen	Niedersachsen
Gebirgsdurchlässigkeit	< 10 ⁻¹⁰ m/s	erfüllt	erfüllt
Mächtigkeit	100 – 1.200 m	100 – 1.200 m	Max. 1.010 m (Röt/Muschelkalk)
Teufenlage der Struktur	400 – 1.500 m u. GOK	400 – 1.500 m u. GOK	500 – 1.500 m u. GOK (Röt/Muschelkalk)
Gesamtfläche	14.914 km ²	5.322 km ²	459 km ²
Barriereintegrität	erfüllt	erfüllt	erfüllt

	TG 077	TG 078_06
Wirtsgesteinstyp	Steinsalz in stratiformer Lagerung	Steinsalz in stratiformer Lagerung
Stratigraphie	Malm (Oberjura)	Zechstein (oberes Perm)
Bundesländer	Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen	Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen
Gebirgsdurchlässigkeit	erfüllt	erfüllt
Mächtigkeit	max. 1.200 m (Malm)	max. 830 m (Zechstein)
Teufenlage der Struktur	400 – 1.500 m u. GOK (Malm)	400 – 1.500 m u. GOK (Zechstein)
Gesamtfläche	4.992 km ²	1.541 km ²
Barriereintegrität	erfüllt	erfüllt

Quelle: Eigene Darstellung nach (BGE 2020g)

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Generell führt die Anwendungsmethodik auf Gesteinseinheiten, die sich über mehrere tausend Quadratkilometer erstrecken, zu sehr ungenauen Angaben, die sich nicht auf einzelne Segmente dieser Gebiete übertragen lassen. Inwieweit diese pauschale Bewertung der Mindestanforderungen daher auf die einzelnen Segmente der Teilgebiete, die sich in der Stadt und dem Landkreis Osnabrück erstrecken, übertragbar sind, lässt sich nur stichprobenartig anhand von Bohrdaten aus den einzelnen Gebieten bewerten.

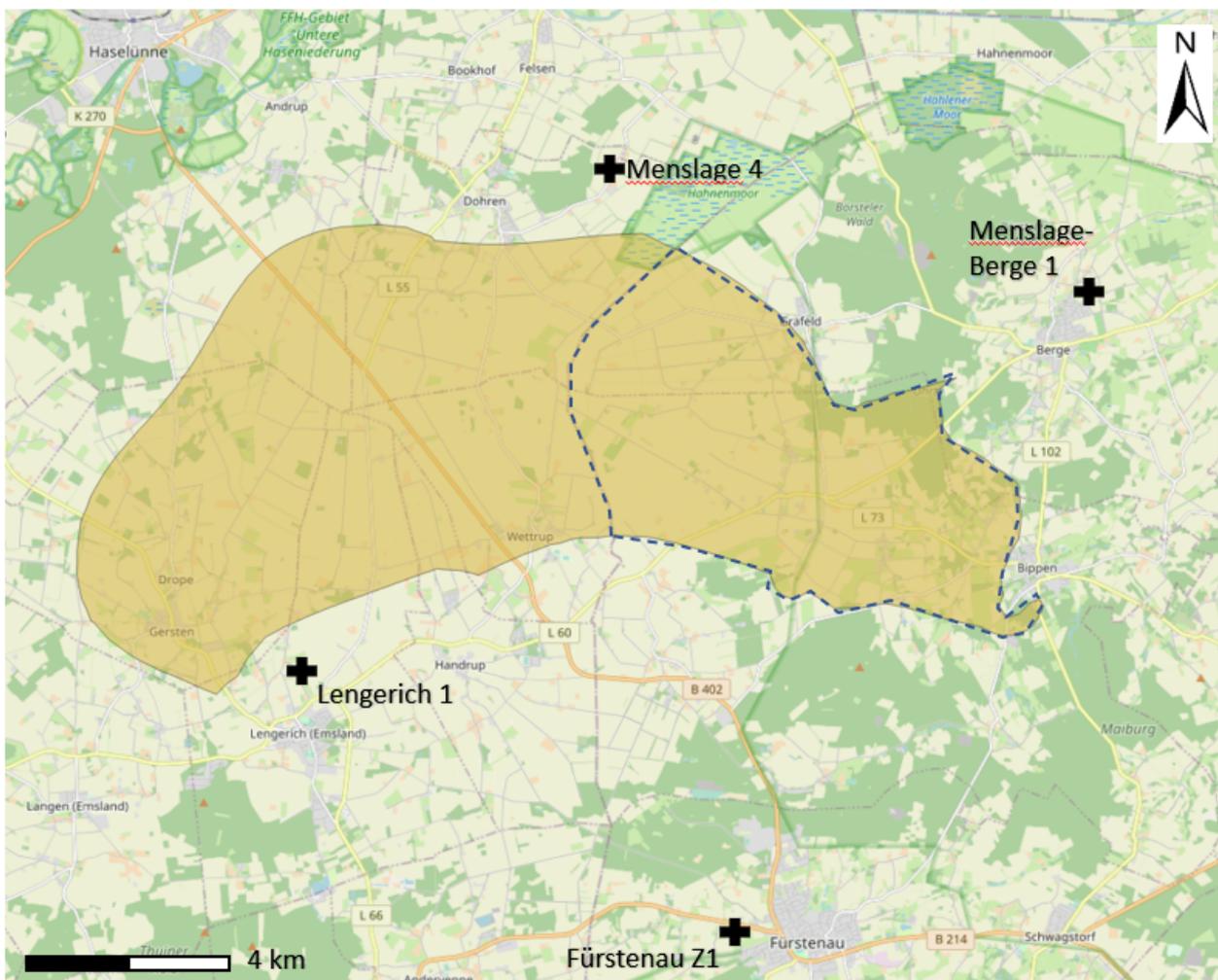
Auch die Darstellung der Vorgehensweise im Fachbericht (BGE 2020d) untermauert die Annahme, dass die im ZB TG angegebene Mächtigkeit identifizierter Teilgebiete nicht für die gesamte angegebene Fläche besteht. Entsprechend kann aufgrund der vorliegenden Informationen auch nicht davon ausgegangen werden, dass die erforderliche Mindestmächtigkeit des Wirtsgesteins über die gesamte dargestellte Fläche der identifizierten Segmente in der Stadt und im Landkreis Osnabrück erfüllt ist. Entsprechend werden die Mindestanforderungen an die Fläche, Mächtigkeit und Teufenlage in den Teilgebieten für die Segmente, die in Stadt und Landkreis Osnabrück liegen, überprüft. Dazu wurden Daten aus Tiefenbohrungen, die sich in einem Segment oder in seiner Nähe befinden, ausgewertet. Die Daten stammen aus der Bohrpunktkarte Deutschland (BGR 2023).

5.1 Teilgebiet 004: Tongesteine des Paläogens (Tertiär)

Das Teilgebiet 004 umfasst, wie in Kapitel 3.1 und Kapitel 5 dargestellt, Tonsteine des Paläogens (Tertiär), genauer des oberen Paläozäns, des unteren Eozäns und des Oligozäns, in weiten Teilen von Norddeutschland. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 62.885 km² über die Bundesländer Niedersachsen, Bremen, Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt. Im Landkreis Osnabrück liegt ausschließlich ein Segment des Teilgebietes (siehe Abbildung 3-2 und Abbildung 5-1).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief wird die Mächtigkeit mit maximal 1.055 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ (BGE 2020g) mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 62.885 km². Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen ist, bezogen auf das Teilgebiet 004, generell nachvollziehbar.

Abbildung 5-1: Das Segment des Teilgebietes 004 im Landkreis Osnabrück



Quelle: Eigene Darstellung. Erstellt mit QGIS, Kartengrundlage OpenStreetMap, Shape-Daten des Teilgebiets bereitgestellt von der BGE mbH unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/>

Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf das Segment 1 des Teilgebietes 004 im Landkreis Osnabrück einzuschätzen, werden im Folgenden das Segment (blauer Rahmen) des Teilgebietes 004 und vier Tiefbohrungen im nahen Umkreis im Landkreis Osnabrück betrachtet (Abbildung 5-1).

Das Segment erstreckt sich im Nordosten des Landkreises nördlich von der Gemeinde Fürstenau, östlich von den Gemeinden Berge und Bippin bis über die Landkreisgrenze zum Emsland zur Gemeinde Drope. Auf der Seite des Landkreises Osnabrück weist das Segment eine Fläche von ungefähr 40 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*. Ein etwas größerer Teil des Segments betrifft die Fläche des benachbarten Landkreises Emsland und soll an dieser Stelle nicht weiter betrachtet werden. Die vier Tiefenbohrungen liegen um das Segment herum verteilt. Da keine der Tiefbohrungen direkt auf der Fläche des Teilgebietes liegt, lassen sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen.

Alle vier Tiefenbohrungen weisen in ihrem Schichtenverzeichnis Schichten des Paläogens, genauer des Paläozäns bis Oligozäns und somit Gesteine des gesuchten Alters auf (Tabelle 5-2). Keines der Schichtenverzeichnisse der Tiefenbohrungen macht Angaben zur Lithologie der angetroffenen Gesteine. Somit lässt sich für das Segment im Landkreis Osnabrück keine gesicherte Aussage bezüglich der Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* treffen.

Des Weiteren erfüllt nur die Bohrung Menslage-Berge 1 nördlich der Gemeinde Berge die Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*. Allerdings erfüllt die Teufenlage der gesuchten Gesteine dieser Bohrung, ebenso wie die weiteren Bohrungen, nicht die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*.

Tabelle 5-2: Relevante Bohrungen für Segment 1 des Teilgebietes 004

Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont ³⁴ [m]			Beschreibung
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG ³⁵	
Menslage 4	549	35	326	26	Paläogen (Paläozän bis Oligozän)
Menslage-Berge 1	1.580	300	371	71	Paläogen (Paläozän bis Oligozän)
Lengerich 1	1.079	30	369	69	Paläogen (Untereozän bis Oligozän)
Fürstenau Z1	2.161	154	305	5	Paläogen (Eozän bis Oligozän)

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut e.V.

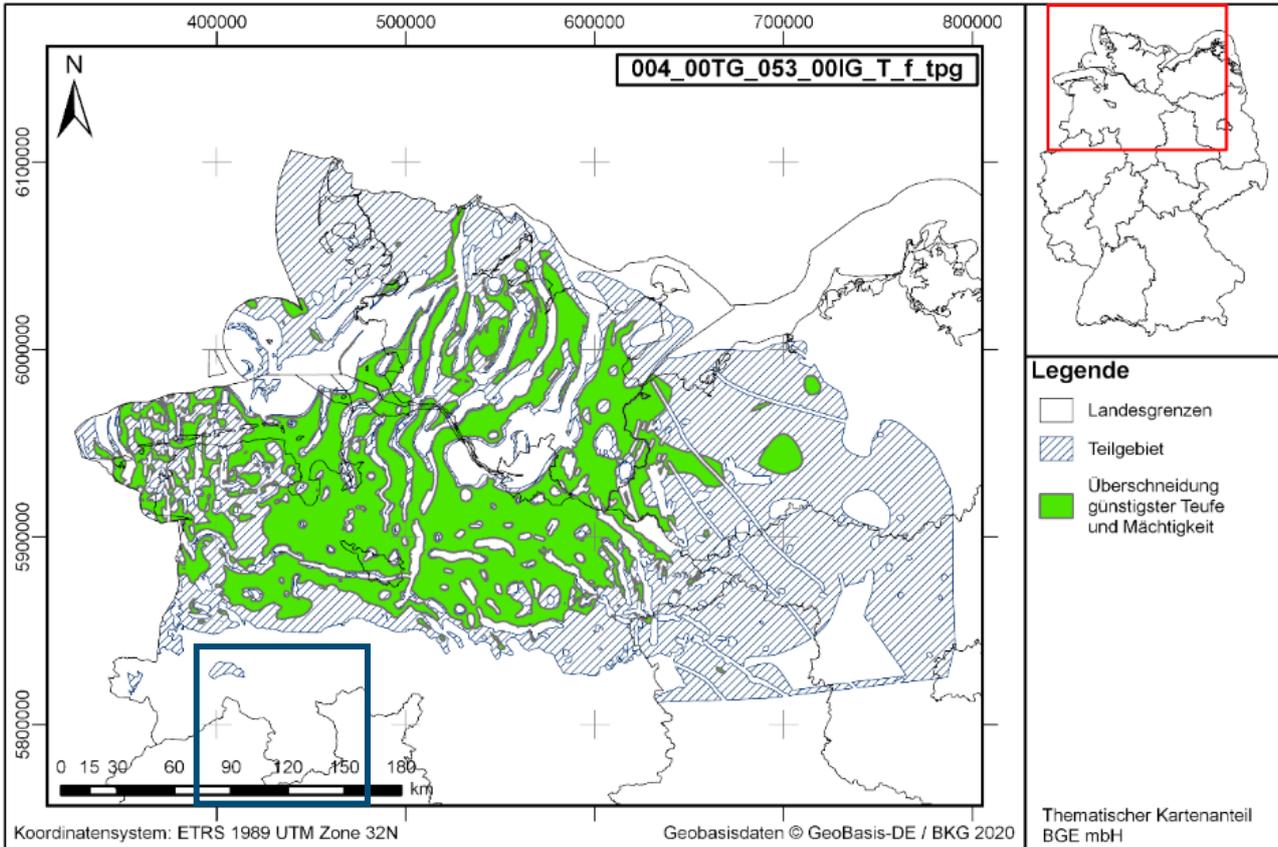
Die Stichproben aus vier Tiefenbohrungen zeigen, dass es im Landkreis Osnabrück zwar generell möglich sein kann, Tongesteine des Paläogens in ausreichender Mächtigkeit anzutreffen. Die Bohrungen weisen aber auch daraufhin, dass die Tonsteine des Segmentes des Teilgebietes 004 in Stadt und Landkreis Osnabrück, möglicherweise nicht die nötige Teufenlage zur Erfüllung der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* aufweist.

³⁴ Als Zielhorizont werden in der Geologie geologische Formationen bzw. Schichten bezeichnet, die auf Grund der geeigneten geologischen Eigenschaften und Begebenheiten für das jeweilige Vorhaben (z. B. Rohstoffgewinnung, Speicherung, Geothermie) untersucht und genutzt werden sollen

³⁵ Siehe Kapitel 2.2, Mindestanforderungen (MA), Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich (ewG)

Diese Annahme wird durch die Ausführungen der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) unterstützt, die für das Segment des Teilgebietes 004 im Landkreis Osnabrück keine Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit erwarten lassen (Abbildung 5-2, grüne Markierung).

Abbildung 5-2: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 004



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Ebenso zeigen die Bohrdaten der untersuchten Bohrungen, dass nicht alle vorkommenden Lithologien innerhalb des Tongesteins den Definitionen des Wirtsgesteins Tonstein der BGE entsprechen. Demnach ist auch auf Grundlage dieser Tatsache zu erwarten, dass die Mindestanforderungen zur *Gebirgsdurchlässigkeit* und dem *Erhalt der Barrierewirkung* nicht über die gesamte Fläche des Segments gegeben sind.

Somit ist anzunehmen, dass das Segment des Teilgebietes 004 im Landkreis Osnabrück bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft nicht mehr als Teiluntersuchungsraum ausgewiesen wird.

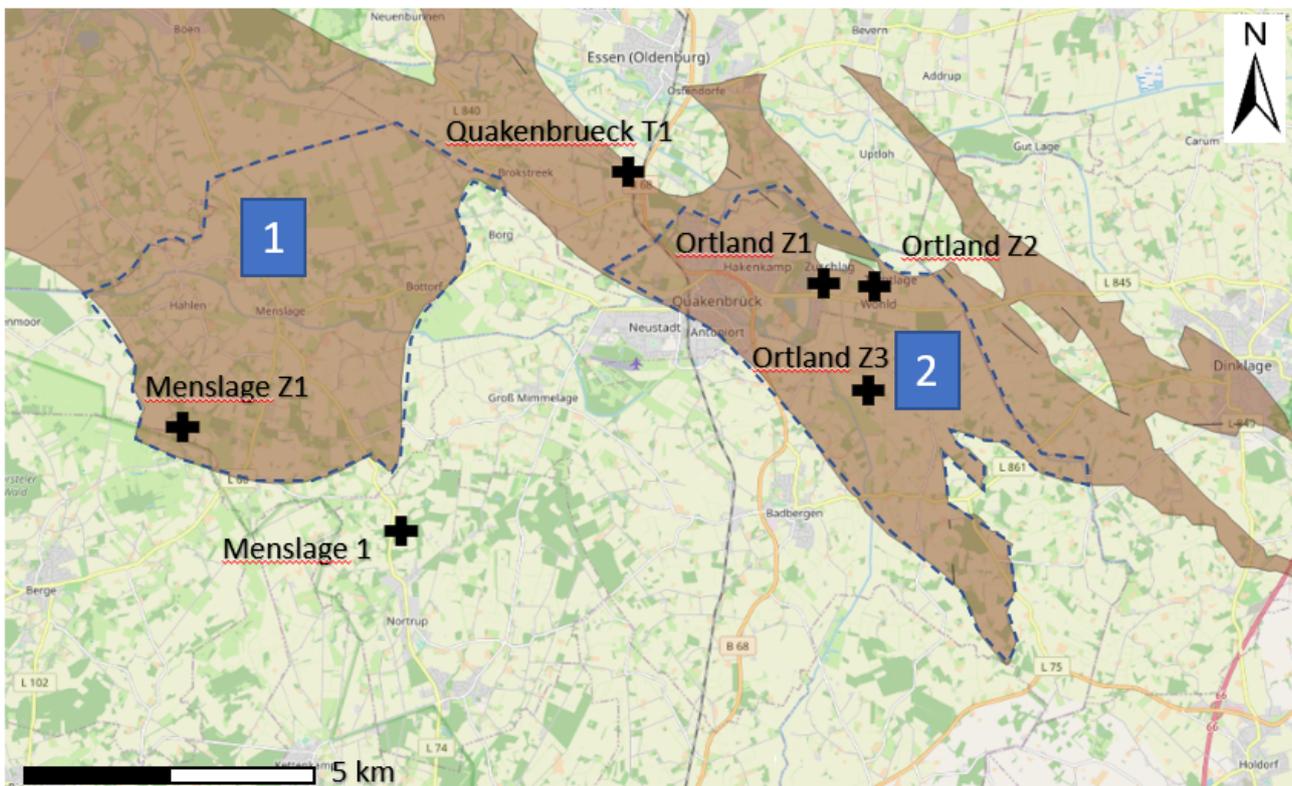
5.2 Teilgebiet 005: Tongesteine des Doggers (Mitteljura)

Das Teilgebiet 005 umfasst, wie in Kapitel 3.1 und Kapitel 5 dargestellt, Tonsteine des Dogger (Mitteljura) in weiten Teilen von Norddeutschland. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 18.811 km² über die Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt. Im Landkreis Osnabrück liegen insgesamt vier Segmente des Teilgebietes, die wir mit Nummern gekennzeichnet haben und im Folgenden näher betrachten (siehe Abbildung 3-3 sowie Abbildung 5-3 und Abbildung 5-4).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief wird die Mächtigkeit mit maximal 1.200 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ (BGE 2020n) mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 18.811 km². Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Somit ist die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen, bezogen auf das gesamte Teilgebiet 005, generell nachvollziehbar.

Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf die Segmente des Teilgebietes 005 im Landkreis Osnabrück einzuschätzen, werden im Folgenden die Segmente (blauer Rahmen) des Teilgebietes 005 und Tiefbohrungen im nahen Umkreis im Landkreis Osnabrück betrachtet (Abbildung 5-3 und Abbildung 5-4).

Abbildung 5-3: Segmente 1 und 2 des Teilgebietes 005 im Landkreis Osnabrück



Quelle: Eigene Darstellung. Erstellt mit QGIS, Kartengrundlage OpenStreetMap, Shape-Daten des Teilgebiets bereitgestellt von der BGE mbH unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/>

Das **Segment 1** befindet sich am nördlichen Rand des Landkreises Osnabrück, westlich von der Gemeinde Quakenbrück, um die Gemeinde Menslage (Abbildung 5-3). Das Segment weist eine

ungefähre Fläche von 40 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*. Das Teilsegment fließt mit Segment 2 zusammen und bildet im benachbarten Landkreis Cloppenburg ein größeres Gebiet, welches an dieser Stelle nicht weiter betrachtet wird. Für Segment 1 wurden die beiden Tiefenbohrungen Menslage Z1 und Menslage 1, welche am südlichen Rand des Segments bzw. südlich außerhalb des Segments liegen, stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-3).

Beide Tiefenbohrungen weisen in ihren Schichtverzeichnissen Schichten des Mitteljuras und somit Gesteine des gesuchten Alters auf. Beide Schichtenverzeichnisse machen keine Angaben zur Lithologie der angetroffenen Gesteine. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein treffen und sich weitergehend nicht einschätzen, ob die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* erfüllt sind. Laut dem Schichtverzeichnis der Bohrung Menslage Z1 wurden in 1.300 m Tiefe Gesteine des Mitteljuras angetroffen, was die Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllt. Ebenso ist für die Lokalität auch die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* gegeben. Die Auswertung der Bohrung Menslage 1 lässt vermuten, dass die Schichten des mittleren Juras zum Süden hin einfallen,³⁶ wonach anzunehmen ist, dass die Teufenlage unter 1.500 m Tiefe liegt, wodurch der einschlusswirksamer Gebirgsbereich bergbautechnisch voraussichtlich zu tief läge.

Segment 2 befindet sich östlich von Segment 1 und erstreckt sich von der Gemeinde Quakenbrück bis südlich von der Gemeinde Badbergen (Abbildung 5-3). Das Segment weist eine Fläche von 35 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*. Ähnlich wie Segment 1 geht das Segment im Osten und im Norden in die Landkreise Vechta und Cloppenburg über.

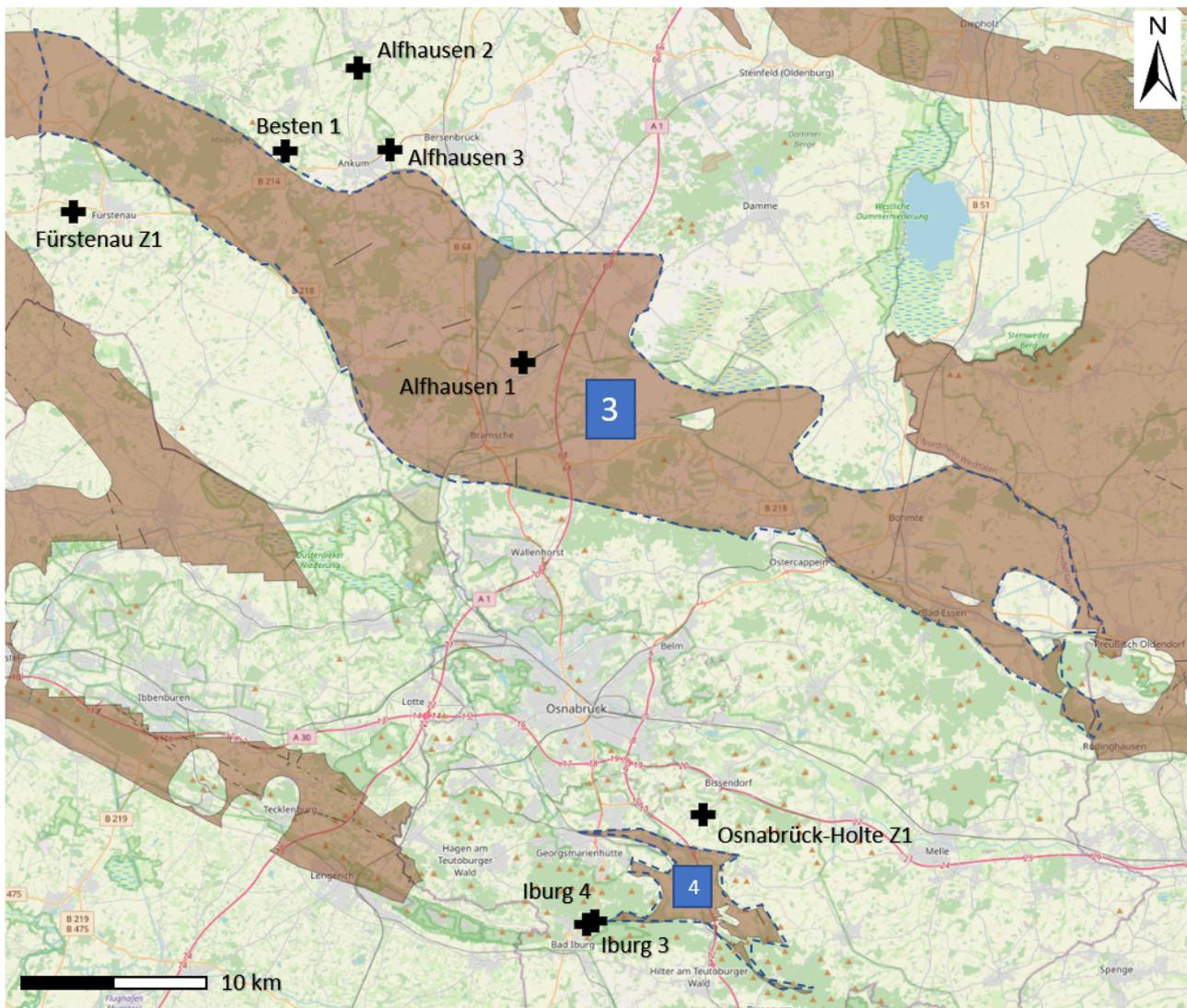
Für das Segment wurden insgesamt vier Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-3). Dabei liegt die Bohrung Quakenbrueck T1 nicht auf dem Gebiet des Landkreises Osnabrück. Da das Schichtverzeichnis der Bohrung keine Gesteine des Mitteljuras aufweist, wird die Bohrung nicht näher betrachtet. Die drei Ortland-Bohrungen (Z1, Z2, Z3) weisen jedoch Gesteine des gesuchten Alters auf. Jedoch wird in keinem der Schichtverzeichnisse Angaben zu den Lithologien des Mitteljuras gemacht. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein treffen und sich weitergehend nicht einschätzen, ob die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* erfüllt sind. Alle drei Lokalitäten erfüllen mit der Teufenlage und der angetroffenen Mächtigkeit die beiden Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*.

Das **Segment 3** erstreckt sich in einem breiten Band über die gesamte Mitte des Landkreises Osnabrück im Westen beginnend nördlich von der Gemeinde Fürstenau bis in den Osten über die Gemeinde Bad Essen an die Grenze des Landkreises (Abbildung 5-4). Sowohl im Westen als auch im Osten reicht das Segment in die benachbarten Landkreise Emsland und Vechta. Das Segment weist eine Fläche von insgesamt 625 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

³⁶ Mit Einfallen bezeichnet man in der Geologie die Orientierung von geologischen Flächen (Schichten) im dreidimensionalen Raum. Ein Einfallen einer Schicht bedeutet demnach, dass die Schicht schief/geneigt im Raum liegt und in eine Richtung abtaucht, also tiefer unter der Erdoberfläche liegt.

Für das Segment wurden insgesamt fünf Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-3) von denen lediglich die Bohrung Alfhausen 1 im Segment selbst liegt. Die weiteren Bohrungen liegen jedoch in unmittelbarer Nähe des Segments, was eine erste generische Einschätzung der Geologie zulässt. Bis auf die Bohrung Fürstenau Z1 führen alle Schichtverzeichnisse Schichten des Mitteljuras und weisen auf die Anwesenheit von Gesteinen des gesuchten Alters hin. Jedoch werden in keinem der Schichtverzeichnisse Angaben zu den Lithologien des Mitteljuras gemacht. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein treffen und sich weitergehend nicht einschätzen, ob die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* auch für die Segmente erfüllt sind.

Abbildung 5-4: Segmente 3 und 4 des Teilgebietes 005 im Landkreis Osnabrück



Quelle: Eigene Darstellung. Erstellt mit QGIS, Kartengrundlage OpenStreetMap, Shape-Daten des Teilgebiets bereitgestellt von der BGE mbH unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/>

An den Lokalitäten der Bohrungen Alfhausen 2 und 3 sowie Besten 1 liegen die Schichten des Mitteljuras aller Voraussicht nach zu tief und beginnen erst in Tiefen über den maximalen 1.500 m der günstigen Teufe. Lediglich das Schichtenverzeichnis der Tiefenbohrung innerhalb des Teilgebietssegments - Alfhausen 1 - weist den Zielhorizont in einer Teufenlage und Mächtigkeit auf,

welche die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* erfüllen.

Segment 4 liegt am südlichen Rand des Landkreises östlich der Gemeinde Bad Iburg (Abbildung 5-4). Das Segment weist eine Fläche von insgesamt 27 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Für das Segment wurden insgesamt drei Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-3). Da keine der drei Tiefbohrungen direkt auf der Fläche des Teilgebietes liegt, lassen sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen. An der Lokalität der Bohrung Osnabrück-Holte Z1 wurden keine Gesteine des Mitteljuras angetroffen. In der Gemeinde Bad Iburg weisen beide Iburg-Bohrungen Gesteine des Zielhorizontes des Mitteljuras auf. Jedoch wird auch hier in keinem der Schichtverzeichnisse Angaben zu den Lithologien des Mitteljuras gemacht. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein treffen und sich weitergehend nicht einschätzen, ob die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* erfüllt sind. Für beide Lokalitäten der Iburg-Bohrungen ist die Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* erfüllt. Davon weist jedoch nur die Bohrung Iburg 3 die nötige Mächtigkeit auf, um die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* zu erfüllen.

Tabelle 5-3: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 005

Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			Beschreibung
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	
Menslage 1	1.734	1.507	1.734	-	Mitteljura
Menslage Z1	4.584	1.300	1.805	200	Mitteljura
Quakenbrueck T1	2.680	-	-	-	Mitteljura fehlt
Ortland Z1	3.065	755	975	220	Mitteljura
Ortland Z2	2.604	660	819	159	Mitteljura
Ortland Z3	2.541	975	1.259	284	Mitteljura
Alfhausen 1	3.644	645	1.120	475	Mitteljura
Alfhausen 2	1.957	1.704	1.957	-	Mitteljura
Alfhausen 3	1.974	1.770	1.974	-	Mitteljura
Fürstenau Z1	2.161	-	-	-	Mitteljura fehlt
Besten 1	1.918	1.832	1.918	-	Mitteljura
Iburg 3	868	374	536	162	Mitteljura
Iburg 4	1.794	355	424	69	Mitteljura
Osnabrück-Holte Z1	1.767	-	-	-	Mitteljura fehlt

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut e.V.

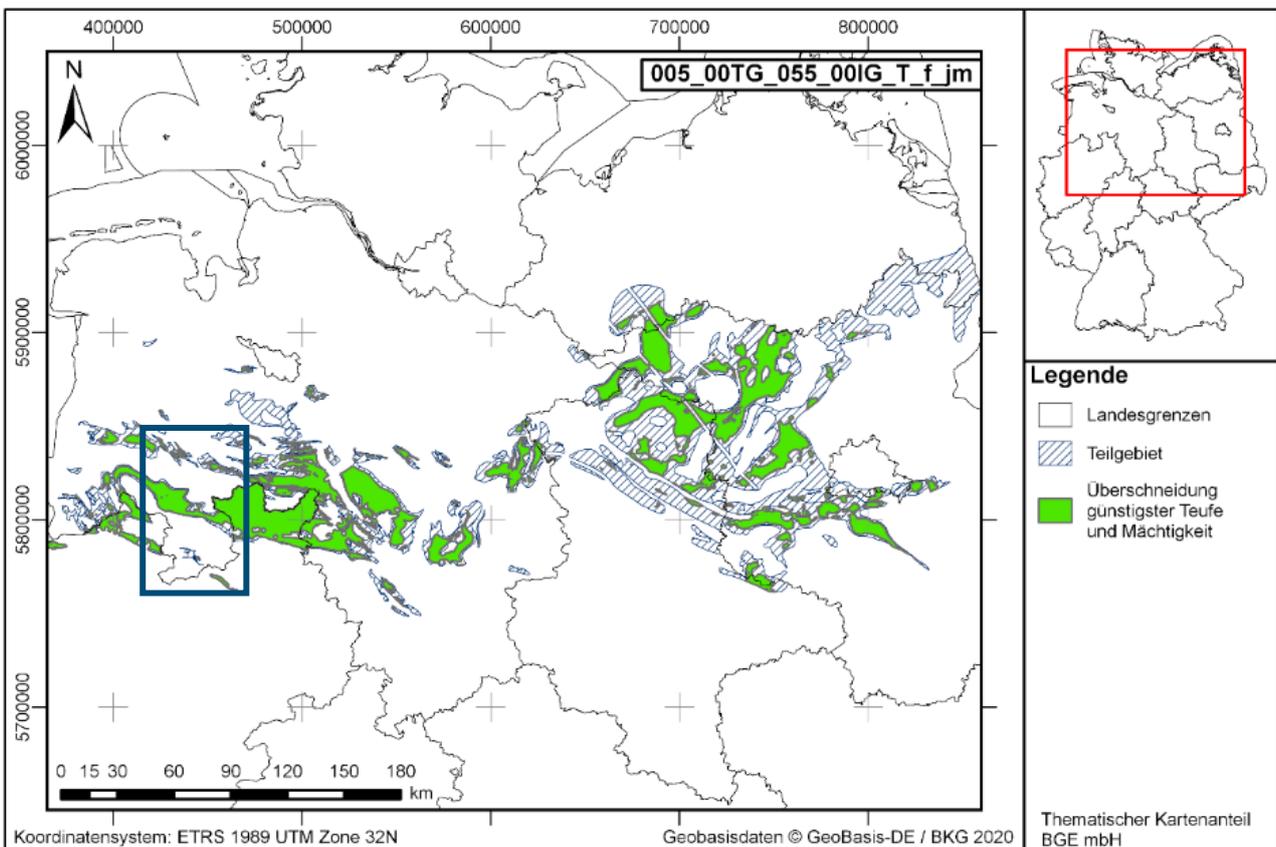
Die Stichproben der insgesamt 14 Tiefenbohrungen in und um die jeweiligen Segmente des Teilgebietes 005 zeigen, dass es im Landkreis Osnabrück generell möglich sein kann, Tongesteine des Mitteljuras in ausreichender Mächtigkeit anzutreffen. Inwieweit diese immer die nötige

Teufenlage zur Erfüllung der Mindestanforderung zur minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufweisen oder an allen Lokalitäten die Mindestanforderung zur Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich erfüllen, kann auf Basis dieser Stichproben nicht abschließend beurteilt werden. Die Ausführungen der BGE zu den ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) unterstützen allerdings die Annahme, dass Gebiete mit Tongesteine des Mitteljuras vorhanden sind, die sowohl die Mindestanforderungen zur minimalen Teufe und der Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich erfüllen (Abbildung 5-5, grüne Markierung).

Nicht auszuschließen ist allerdings, dass nicht alle vorkommenden Lithologien innerhalb des Zielhorizonts den Definitionen des Wirtsgesteins Tonstein der BGE entsprechen. Somit ist zu erwarten, dass in den Segmenten 3 und 4 die Mindestanforderungen zur *Gebirgsdurchlässigkeit* und dem *Erhalt der Barrierewirkung* nicht über die gesamte Fläche der Segmente gegeben sind.

Auf Grund der stichprobenartigen Einschätzung ist anzunehmen, dass am ehesten Segment 2 wegen der günstigen Teufenlage des Mitteljuras sowie auf Grund der Größe gegebenenfalls auch Bereiche von Segment 3 bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft weiterhin als Teiluntersuchungsräume näher untersucht werden.

Abbildung 5-5: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 005



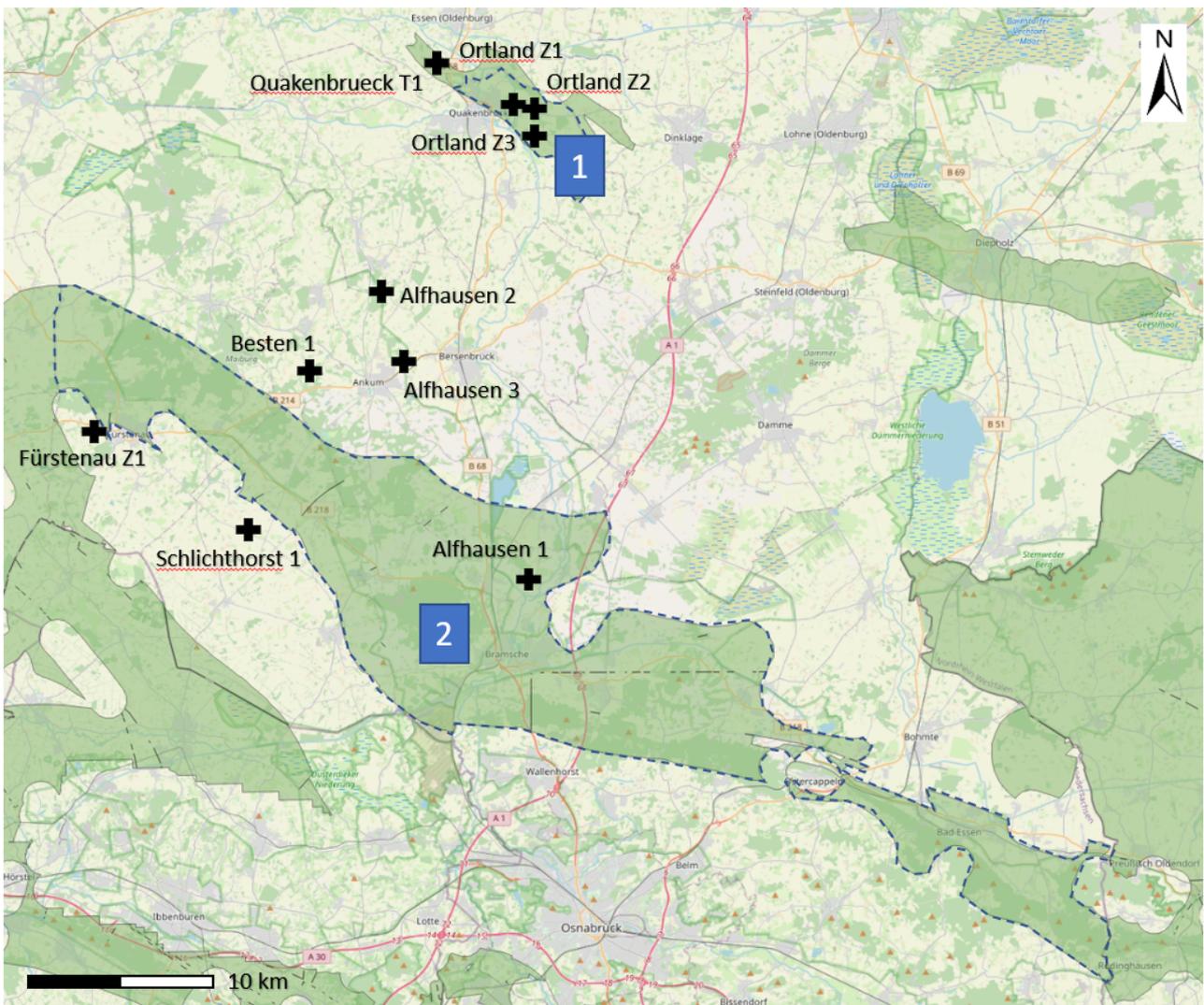
Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

5.3 Teilgebiet 006: Tongesteine des Lias (Unterjura)

Das Teilgebiet 006 umfasst, wie in Kapitel 3.1 und Kapitel 5 dargestellt, Tonsteine des Lias (Unterjura) in weiten Teilen von Norddeutschland. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 18.564 km² über die Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt. Im Landkreis Osnabrück haben wir insgesamt fünf Segmente des Teilgebietes mit Nummern gekennzeichnet (siehe Abbildung 3-4 sowie Abbildung 5-6 und Abbildung 5-7).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief wird die Mächtigkeit mit maximal 1.200 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ (BGE 2020o) mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 18.564 km². Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen ist, bezogen auf das Teilgebiet 006, generell nachvollziehbar.

Abbildung 5-6: Segmente 1 und 2 des Teilgebietes 006 im Landkreis Osnabrück



Quelle: Eigene Darstellung. Erstellt mit QGIS, Kartengrundlage OpenStreetMap, Shape-Daten des Teilgebiets bereitgestellt von der BGE mbH unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/>

Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf die Segmente des Teilgebietes 006 im Landkreis Osnabrück einzuschätzen, werden im Folgenden die Segmente (blauer Rahmen) des Teilgebietes 006 und Tiefenbohrungen in einem Segment oder im nahen Umkreis der Segmente im Landkreis Osnabrück betrachtet (Abbildung 5-6 und Abbildung 5-7).

Segment 1 liegt am nördlichen Rand des Landkreises um die Gemeinde Quakenbrück (Abbildung 5-6). Das Segment weist eine Fläche von insgesamt 32 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der Fläche des Endlagers.

Für das Segment wurden insgesamt vier Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-4). Die Bohrung Quakenbrueck T1 liegt außerhalb des Landkreises und weist darüber hinaus auch keine Gesteine des Unterjuras auf. Die drei Ortland-Bohrungen (Z1, Z2, Z3) liegen alle im Segment und führen in ihren Schichtverzeichnissen Gesteine des Unterjuras. Somit treten die Gesteine des gesuchten Alters auf. Jedoch wird in keinem der Schichtverzeichnisse Angaben zu den Lithologien des Unterjuras gemacht. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein treffen und sich weitergehend nicht einschätzen, ob die Mindestanforderungen Gebirgsdurchlässigkeit und Erhalt der Barrierewirkung erfüllt sind.

An allen drei Lokalitäten treten die Zielhorizonte in günstiger Teufenlage und ausreichender Mächtigkeit auf, um die Mindestanforderungen zur minimalen Teufe und Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich zu erfüllen. Gegen Süden hin um die Lokalität der Bohrung Ortland Z3 scheinen die Schichten einzufallen und liegen deutlich tiefer.

Segment 2 erstreckt sich in einem breiten Band über den Landkreis Osnabrück und reicht vom Westen nördlich von der Gemeinde Fürstenau bis im Südosten über die Gemeinde Bad Essen an die Grenze des Landkreises. Sowohl im Westen als auch im Osten geht das Teilgebietssegment in die benachbarten Landkreise des Emsland und nach Vechta über (Abbildung 5-6). Das Segment weist im Landkreis Osnabrück eine Fläche von insgesamt 430 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der Fläche des Endlagers.

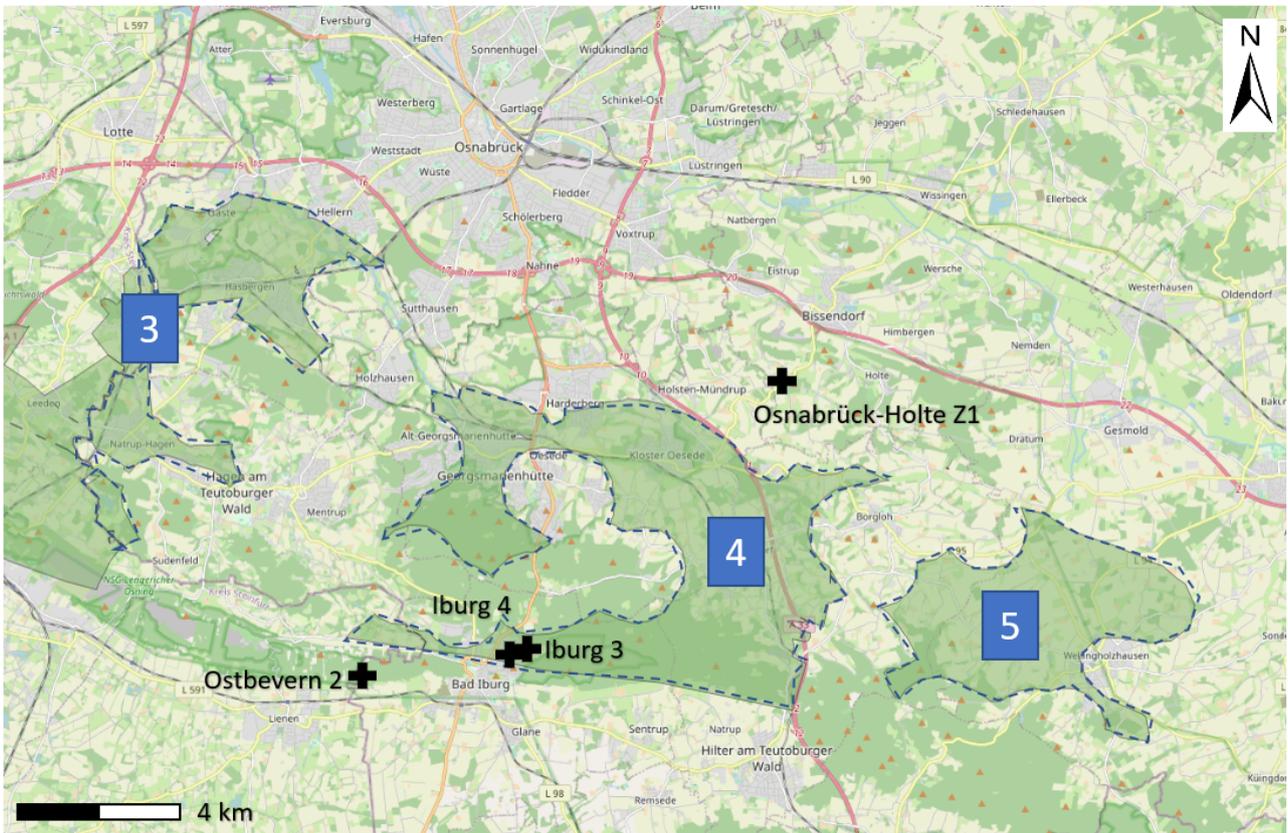
Für das Segment wurden insgesamt sechs Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-4). Bis auf die Lokalität der Bohrung Fürstenau Z1 führt keines der Schichtverzeichnisse der Bohrungen Gesteine des Unterjuras. Im Schichtverzeichnis der Bohrung Fürstenau Z1 werden keine Angaben zu den Lithologien des Unterjuras gemacht. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein treffen und sich weitergehend nicht einschätzen, ob die Mindestanforderungen Gebirgsdurchlässigkeit und Erhalt der Barrierewirkung erfüllt sind. An der Lokalität der Bohrung Fürstenau Z1 sind jedoch sowohl die Mindestanforderungen zur minimalen Teufe als auch zur Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich erfüllt.

Die Segmente 3, 4 und 5 liegen am südlichen Rand des Landkreises südlich der Stadt Osnabrück. Segment 3 befindet sich westlich von der Gemeinde Hagen am Teutoburger Wald, Segment 4 zwischen den Gemeinden Bad Iburg und Borgloh und Segment 5 bei der Gemeinde Wellingholzhausen (Abbildung 5-7). Alle Segmente erfüllen mit Flächen von insgesamt 18 km², 47 km² und 21 km² die Mindestanforderung hinsichtlich der Fläche des Endlagers.

Für die drei Segmente wurden insgesamt vier Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-4). Die vier Tiefenbohrungen liegen bis auf die beiden Bohrungen bei der Gemeinde Bad Iburg nicht innerhalb der Segmente, sondern um sie herum verteilt. Da keine der Tiefbohrungen direkt auf der Fläche der Segmente 3 und 5 liegen, lassen sich nur bedingt Aussagen

über die Geologie der Gesteine im Segment treffen. Sowohl die Schichtverzeichnisse der Bohrung Ostbevern 2 im Westen als auch der Bohrung Osnabrück-Holte Z1 führen keine Gesteine des Unterjuras. Lediglich die beiden Iburg-Bohrungen weisen Gesteine des gesuchten Zielhorizonts auf.

Abbildung 5-7: Segmente 3, 4 und 5 des Teilgebietes 006 im Landkreis Osnabrück



Quelle: Eigene Darstellung. Erstellt mit QGIS, Kartengrundlage OpenStreetMap, Shape-Daten des Teilgebiets bereitgestellt von der BGE mbH unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/>

Somit sind Gesteine des gesuchten Alters bei der Lokalität Bad Iburg vorhanden. Jedoch wird in keinem der Schichtverzeichnisse Angaben zu den Lithologien des Unterjuras gemacht. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein treffen und sich weitergehend nicht einschätzen, ob die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* erfüllt sind. An beiden Lokalitäten treten die Zielhorizonte in günstiger Teufenlage und ausreichender Mächtigkeit auf, um die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* zu erfüllen.

Tabelle 5-4: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 006

Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			Beschreibung
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	
Quakenbrueck T1	2.680	-	-	-	Unterjura fehlt
Ortland Z1	3.065	978	1540	522	Unterjura
Ortland Z2	2.604	819	1500	681	Unterjura
Ortland Z3	2.541	1.259	2.207	231	Unterjura
Alfhausen 1	3.644	-	-	-	Unterjura fehlt
Alfhausen 2	1.957	-	-	-	Unterjura fehlt
Alfhausen 3	1.974	-	-	-	Unterjura fehlt
Fürstenu Z1	2.161	305	553	248	Unterjura
Besten 1	1.918	-	-	-	Unterjura fehlt
Schlichthorst 1	1.418	-	-	-	Unterjura fehlt
Ostbevern 2	1.363	-	-	-	Unterjura fehlt
Iburg 3	868	536	765	229	Unterjura
Iburg 4	1.794	424	783	359	Unterjura
Osnabrück-Holte Z1	1.767	-	-	-	Unterjura fehlt

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut e.V.

Die Stichproben der insgesamt 14 Tiefenbohrungen in und um die jeweiligen Segmente des Teilgebietes 006 zeigen, dass es im Landkreis Osnabrück generell möglich sein kann, Tongesteine des Unterjuras in ausreichender Mächtigkeit anzutreffen. Inwieweit diese die nötige Teufenlage zur Erfüllung der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* tatsächlich haben oder ob an allen Lokalisationen die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* als erfüllt angenommen werden kann, lässt sich aufgrund der aktuell vorliegenden Datenlage nur unzureichend bewerten. Die Ausführungen der BGE zu den ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) unterstützen allerdings die Annahme, dass Gebiete mit Tongesteine des Unterjuras vorhanden sind, die sowohl die Mindestanforderungen zur minimalen Teufe und der Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich erfüllen (Abbildung 5-8).

Allerdings besteht die Möglichkeit, dass nicht alle vorkommenden Lithologien innerhalb des Zielhorizonts den Definitionen des Wirtsgesteins Tonstein der BGE entsprechen. Somit ist zu erwarten, dass bei genauerer Analyse die Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit und dem Erhalt der Barrierewirkung nicht über die gesamte Fläche der Segmente gegeben sind.

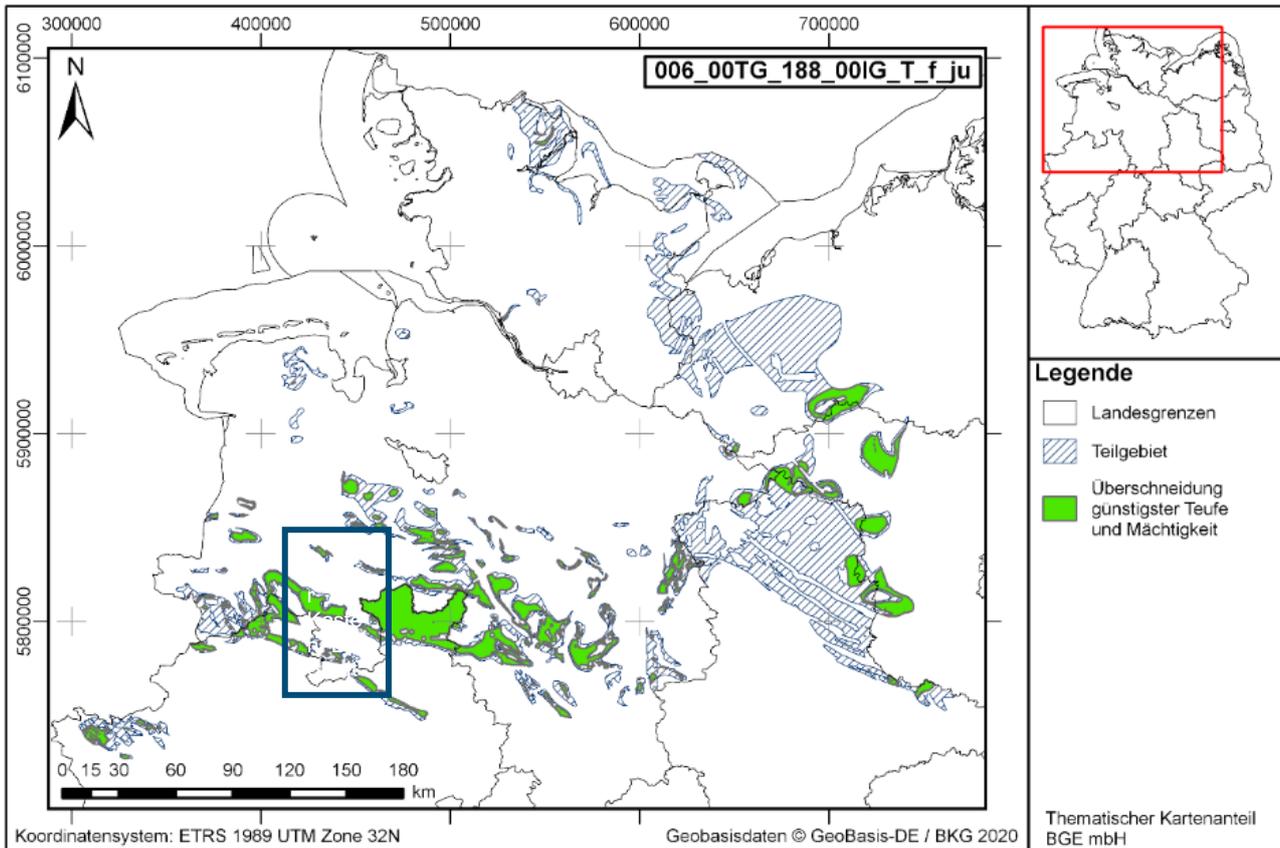
Auf Grund der stichprobenartigen Einschätzung ist anzunehmen, dass am ehesten Segment 1 im Norden und Segment 4 im Süden wegen der günstigen Teufenlage des Unterjuras bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU weiterhin als Teiluntersuchungsräume im Verfahren bleiben könnten.

Obwohl die aktuelle Datenlage schlussfolgern lässt, dass in Segment 2 womöglich die Gesteine des Unterjuras nicht wie von der BGE angenommen vorhanden sind, ist nicht auszuschließen, dass sich

in der Größe des Gebietes ein Teiluntersuchungsraum finden lässt, der den Mindestanforderungen gerecht wird, welcher bei der erneuten Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU weiterhin als Teiluntersuchungsraum ausgewiesen werden könnte.

Über die Segmente 3 und 5 können auf Grund der Datenlage zum jetzigen Zeitpunkt keine verlässlichen Einschätzungen abgegeben werden.

Abbildung 5-8: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 006



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

5.4 Teilgebiet 007: Tongesteine der Unterkreide

Das Teilgebiet 007 umfasst, wie in Kapitel 3.1 und Kapitel 5 dargestellt, Tonsteine der Unterkreide in weiten Teilen von Norddeutschland. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 14.914 km² über die Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt. Im Landkreis Osnabrück haben wir insgesamt vier Segmente des Teilgebietes mit Nummern gekennzeichnet (siehe Abbildung 3-5 sowie Abbildung 5-9 und Abbildung 5-10).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich pauschal auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief wird die Mächtigkeit mit maximal 1.200 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ (BGE 2020p) mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 14.914 km². Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen ist, bezogen auf das Teilgebiet 007, generell nachvollziehbar.

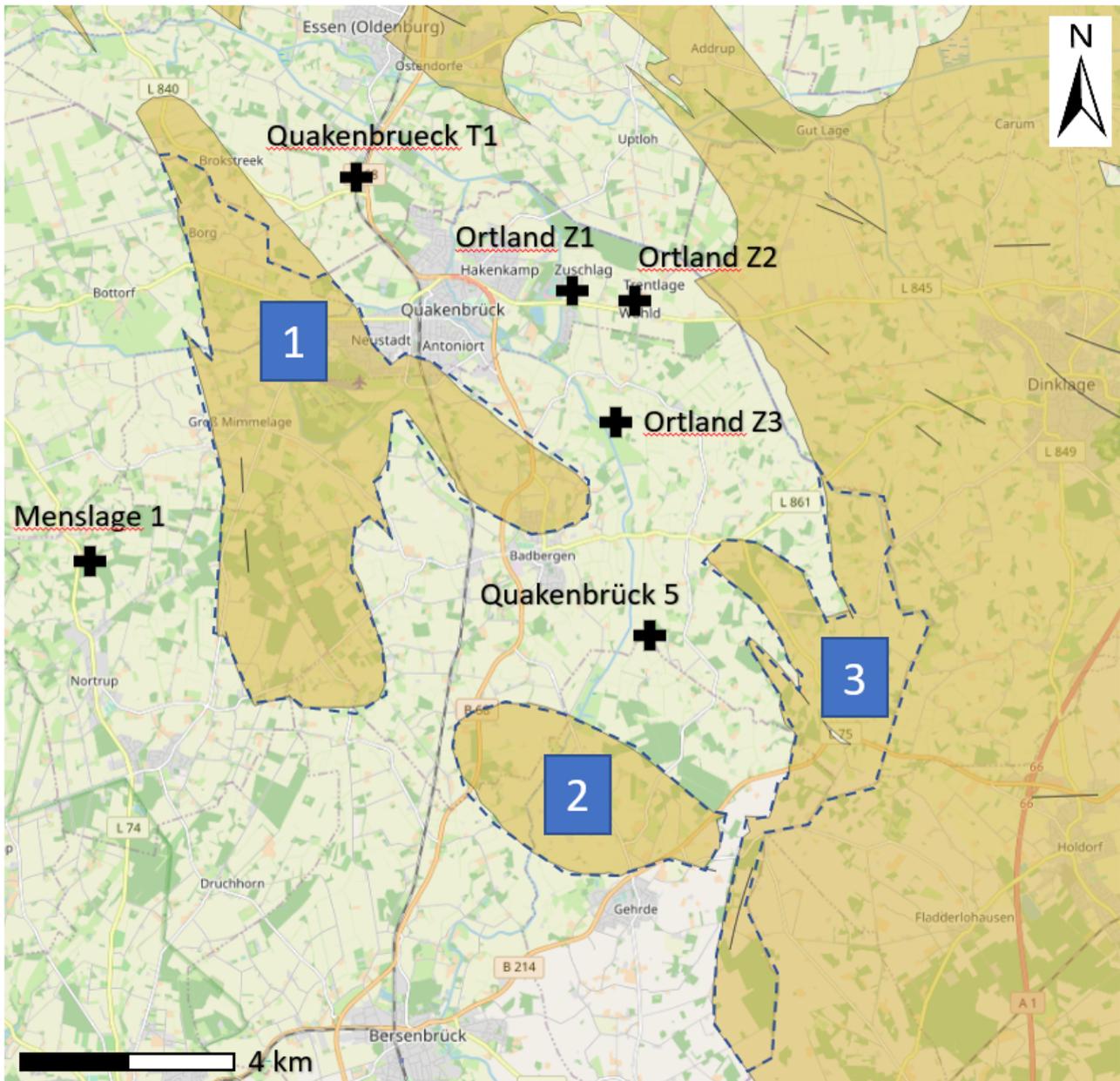
Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf die Segmente des Teilgebietes 007 im Landkreis Osnabrück einzuschätzen, werden im Folgenden die Segmente (blauer Rahmen) des Teilgebietes 007 und Tiefenbohrungen in einem Segment oder im nahen Umkreis der Segmente im Landkreis Osnabrück betrachtet (Abbildung 5-9 und Abbildung 5-10).

Die **Segmente 1, 2, 3** liegen alle am nördlichen Rand des Landkreises (Abbildung 5-9). Segment 1 befindet sich westlich der Gemeinde Quakenbrück und reicht bis etwas nordöstlich der Gemeinde Nortrup. Segment 2 liegt etwas weiter im Süden nördlich der Gemeinde Gehrde und Segment 3 östlich entlang der Landkreisgrenze. Segment 3 gehört zu einem großen Gebiet, dass aus Richtung Landkreis Vechta gerade so über die Grenze in den Landkreis Osnabrück reicht. Alle Segmente erfüllen mit Flächen von insgesamt 34 km², 10 km² und 33 km² die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Für die drei Segmente wurden insgesamt sechs Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-5), die allerdings alle außerhalb der Teilgebietssegmente liegen. Von den sechs Tiefenbohrungen weist das Schichtenverzeichnis der Bohrung Menslage 1 westlich von Segment 1 keine Gesteine der Unterkreide auf. Alle weiteren Bohrungen verfügen über Vorkommen der Unterkreide, womit Gesteine des gesuchten Alters angetroffen wurden.

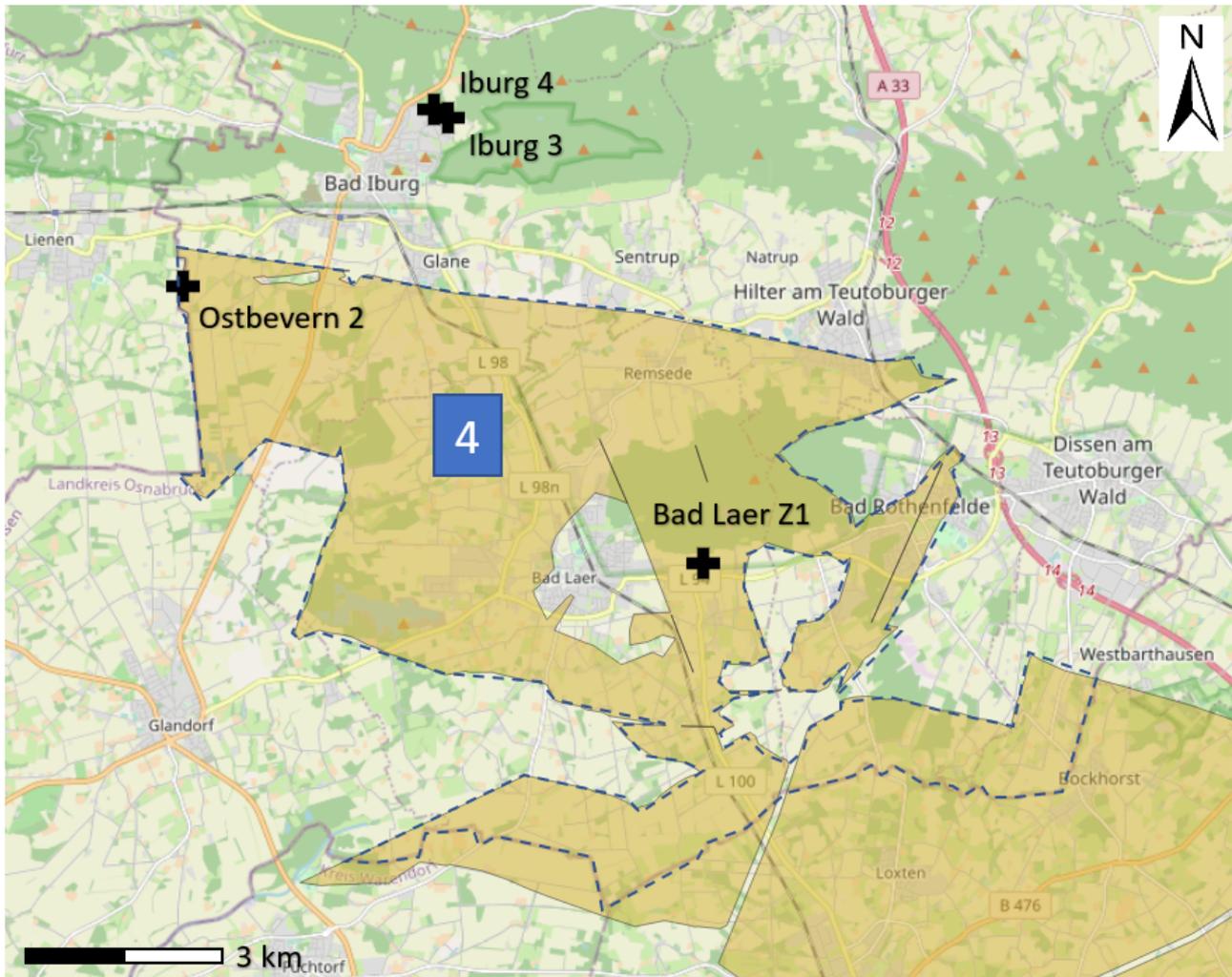
Laut den Schichtverzeichnissen wurden die gefundenen Lithologien der *Wealden Formation* zugeordnet. Die *Wealden Formation* (siehe auch Kapitel 3.1) wird durch das Auftreten von Ton, Sand, und Siltsteinen sowie selten auftretenden geringmächtige Kohleflöze beschrieben (BGE 2020I). Jedoch wird in keinem der Schichtverzeichnisse Angaben zu detaillierten und standortspezifischen Lithologien der *Wealden Formation* gemacht. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein treffen und sich weitergehend nicht einschätzen, ob die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* erfüllt sind. An den Lokalitäten der Bohrungen Ortland Z1, Ortland Z3 und Quakenbrück 5 werden die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllt. Das Bohrprofil der Bohrung Ortland Z2 weist zwar eine ausreichende Mächtigkeit der Unterkreide auf, erfüllt mit der geringen Tiefenlage jedoch nicht die Mindestanforderung zur *minimalen Teufe einschlusswirksamen Gebirgsbereich*.

Abbildung 5-9: Segmente 1, 2 und 3 des Teilgebietes 007 im Landkreis Osnabrück



Quelle: Eigene Darstellung. Erstellt mit QGIS, Kartengrundlage OpenStreetMap, Shape-Daten des Teilgebiets bereitgestellt von der BGE mbH unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/>

Segment 4 befindet sich im Süden des Landkreises und erstreckt sich über eine Fläche von 63 km² zwischen Lienen südlich von der Gemeinde Bad Iburg bis im Osten zu der Gemeinde Dissen am Teutoburger Wald (Abbildung 5-10). Somit erfüllt das Segment die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Abbildung 5-10: Segment 4 des Teilgebietes 007 im Landkreis Osnabrück

Quelle: Eigene Darstellung. Erstellt mit QGIS, Kartengrundlage OpenStreetMap, Shape-Daten des Teilgebiets bereitgestellt von der BGE mbH unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/>

Für das Segment wurden insgesamt vier Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-5). Im Schichtenverzeichnis der westlichsten Bohrung Ostbevern 2 fehlt die Unterkreide gänzlich. Die Bohrungen Iburg 3 und 4 sowie die Bohrung Bad Laer Z1 führen Gesteine der Unterkreide. Jedoch wird in keinem der Schichtenverzeichnisse Angaben zu den Lithologien der Unterkreide gemacht. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein treffen und sich weitergehend nicht einschätzen, ob die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* erfüllt sind. Alle drei Bohrungen weisen ausreichende Mächtigkeiten der Gesteine auf. Die Lokalität der Bohrung Bad Laer Z1 erfüllt zudem die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*.

Tabelle 5-5: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 007

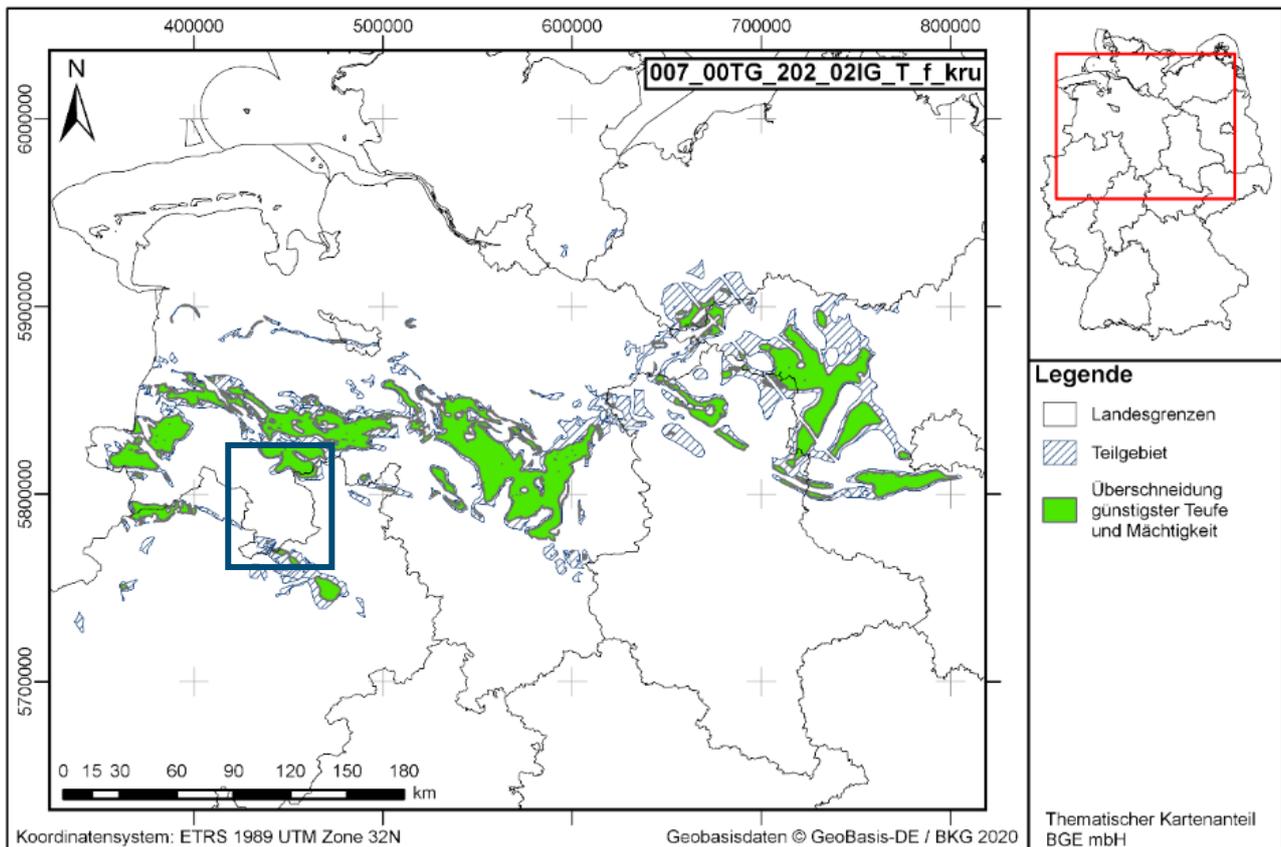
Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			Beschreibung
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	
Quakenbrueck T1	2.680	277	297	-	Unterkreide, Wealden Fm.
Ortland Z1	3.065	294	595	295	Unterkreide, Wealden Fm.
Ortland Z2	2.604	273	383	83	Unterkreide, Wealden Fm.
Ortland Z3	2.541	246	535	235	Unterkreide, Wealden Fm.
Menslage 1	4.584	-	-	-	Unterkreide fehlt
Quakenbrück 5	1.579	220	552	252	Unterkreide, Wealden Fm.
Ostbevern 2	1.363	-	-	-	Unterkreide fehlt
Iburg 3	868	6	328	28	Unterkreide
Iburg 4	1.794	3	295	-	Unterkreide
Bad Laer Z1	2.108	315	439	124	Unterkreide

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut e.V.

Die Stichproben der insgesamt zehn Tiefenbohrungen in und um die jeweiligen Segmente des Teilgebietes 007 zeigen, dass es im Landkreis Osnabrück generell möglich sein kann, Tongesteine der Unterkreide in ausreichender Mächtigkeit anzutreffen. Inwieweit diese die nötige Teufenlage zur Erfüllung der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* tatsächlich haben oder ob an allen Lokalisationen die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* als erfüllt angenommen werden kann, lässt sich aufgrund der aktuell vorliegenden Datenlage nur unzureichend bewerten.

Die Ausführungen der BGE zu den ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) unterstützen allerdings die Annahme, dass Gebiete mit Tongestein der Unterkreide vorhanden sind, die sowohl die Mindestanforderungen zur minimalen Teufe und der Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich erfüllen (Abbildung 5-11).

Abbildung 5-11: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 007



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Allerdings besteht die Möglichkeit, dass nicht alle vorkommenden Lithologien innerhalb des Zielhorizonts den Definitionen des Wirtsgesteins Tonstein der BGE entsprechen. Es ist zu erwarten, dass die Mindestanforderungen zur *Gebirgsdurchlässigkeit* und dem *Erhalt der Barrierewirkung* nicht über die gesamte Fläche der Segmente gegeben sind. Ob die Vorkommen der *Wealden Formation* im Landkreis Osnabrück tatsächlich zur Errichtung eines Endlagers geeignet sind, kann erst durch standortspezifische Untersuchungen in den weiteren Phasen des StandAV ermittelt werden.

Die Analyse zeigt, dass am ehesten die Segmente 1, 2 und 3 im Norden wegen der günstigen Teufenlage und den ausreichenden Mächtigkeiten der Unterkreide bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU weiterhin als Teiluntersuchungsräume im Verfahren verbleiben könnten.

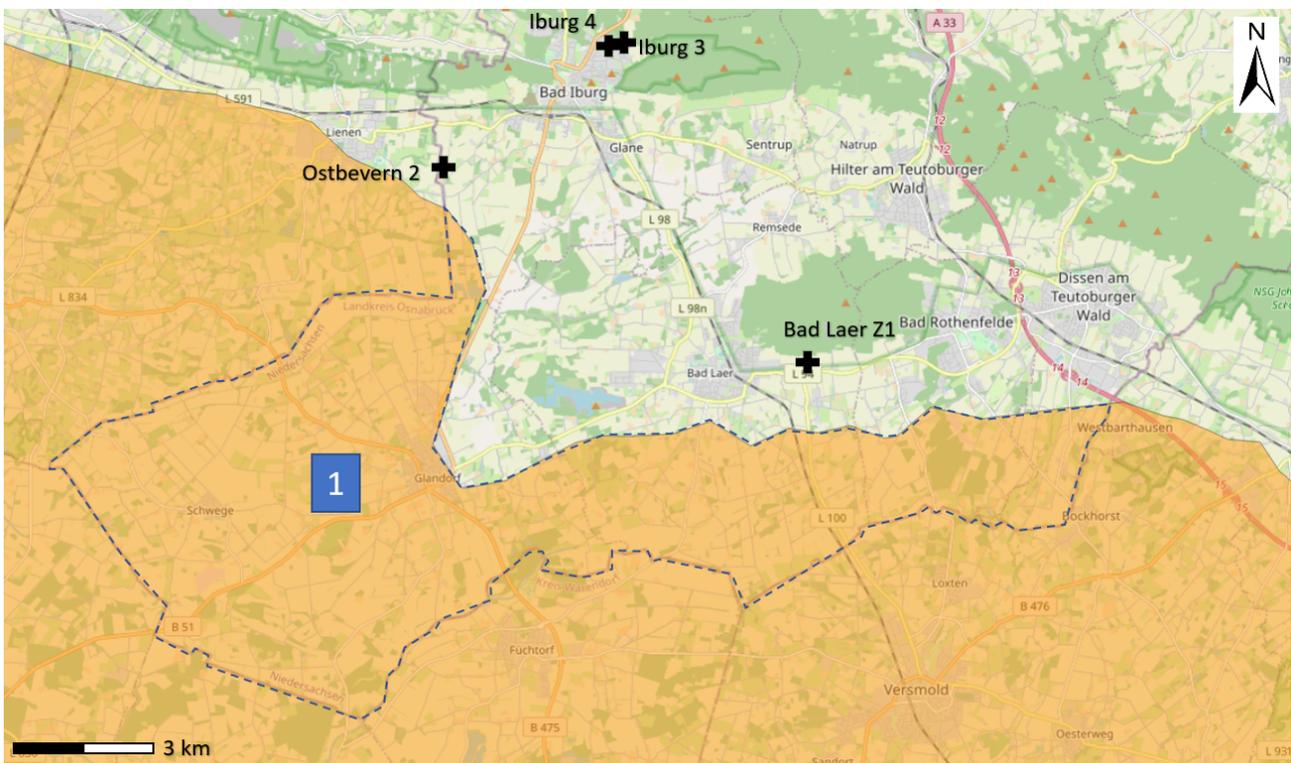
5.5 Teilgebiet 008_02: Tongesteine der Oberkreide

Das Teilgebiet 008_02 umfasst, wie in Kapitel 3.1 und Kapitel 5 dargestellt, Tonsteine der Oberkreide und erstreckt sich auf einer Fläche von 5.322 km² über die Bundesländer Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Im Landkreis Osnabrück haben wir ein Segment des Teilgebietes gekennzeichnet (siehe Abbildung 3-6 und Abbildung 5-12).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief (BGE 2020q) wird die Mächtigkeit mit maximal 1.000 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 5.322 km². Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen erscheint, bezogen auf das Teilgebiet 008_02, generell nachvollziehbar.

Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf das Segment des Teilgebietes 008_02 im Landkreis Osnabrück einzuschätzen, werden im Folgenden das Segment (blauer Rahmen) des Teilgebietes 008_02 und Tiefbohrungen im nahen Umkreis im Landkreis Osnabrück betrachtet (Abbildung 5-12).

Abbildung 5-12: Segment 1 des Teilgebietes 008_02 im Landkreis Osnabrück



Quelle: Eigene Darstellung. Erstellt mit QGIS, Kartengrundlage OpenStreetMap, Shape-Daten des Teilgebiets bereitgestellt von der BGE mbH unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/>

Das Segment erstreckt sich im Süden des Landkreises, südlich und westlich von der Gemeinde Bad Laer. Auf der Seite des Landkreises Osnabrück weist das Segment eine Fläche von ungefähr 62 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*. Das Segment gehört zu einer großen zusammenhängenden Fläche des Teilgebietes, welches sich hauptsächlich über Nordrhein-Westfalen erstreckt und im Landkreis Osnabrück nur im äußersten

Süden nach Niedersachsen reicht. Die vier Tiefenbohrungen liegen alle nördlich um das Segment herum verteilt. Da keine der Tiefbohrungen direkt auf der Fläche des Teilgebietes liegt, lassen sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen.

Für das Segment wurden insgesamt vier Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-6). Die beiden Bohrungen bei der Lokalität Iburg liegen am weitesten vom Segment entfernt. Sie weisen in ihren Schichtverzeichnissen keine Gesteine der Oberkreide auf. Richtung Süden liegen die beiden Bohrungen Ostbevern 2 und Bad Laer Z1 am äußerlichen Rand des Segments. Beide Bohrprofile führen Gesteine der Oberkreide. Somit sind Gesteine des gesuchten Alters vorhanden. Jedoch wird in keinem der beiden Schichtverzeichnisse Angaben zu detaillierten und standortspezifischen Lithologien der Oberkreide gemacht. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein treffen und sich weitergehend nicht einschätzen, ob die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* erfüllt sind.

An beiden Lokalitäten der Bohrungen Ostbevern 2 und Bad Laer Z1 treten Gesteine der Oberkreide kurz unter oder an der GOK auf. Die Bohrung Bad Laer Z1 verfügt über eine Mächtigkeit von über 300 m, erfüllt aber auf Grund der flachen Teufenlage nicht die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches* und somit folgerichtig auch nicht die Mindestanforderung der *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches*. Laut dem Schichtverzeichnis der Bohrung Ostbevern 2 erfüllt die die Lokalität beide Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und der *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches*.

Tabelle 5-6: Relevante Bohrungen für das Segment des Teilgebietes 008_02

Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			Beschreibung
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	
Ostbevern 2	1.363	20	1265	965	Oberkreide
Iburg 3	868	-	-	-	Oberkreide fehlt
Iburg 4	1.794	-	-	-	Oberkreide fehlt
Bad Laer Z1	2.108	0	315	-	Oberkreide

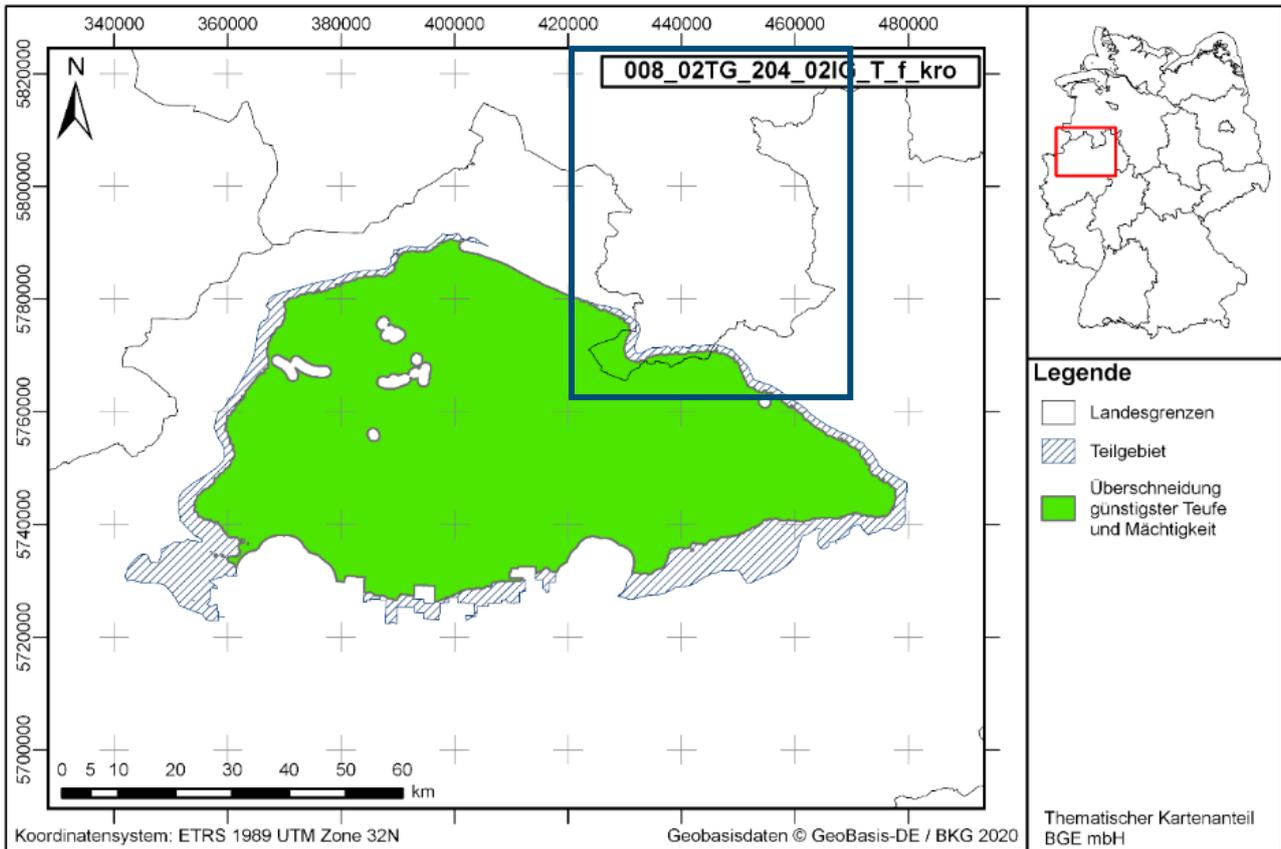
Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut e.V.

Die Stichproben der insgesamt vier Tiefenbohrungen nördlich des Segmentes des Teilgebietes 008_02 im Landkreis Osnabrück lassen vermuten, dass die Gesteine der Oberkreide im Landkreis Osnabrück erst im Segment auftreten, die Schichten in Richtung Westen und Süden hin einfallen und dann stark an Mächtigkeit zunehmen. Demnach ist es im Landkreis Osnabrück grundsätzlich möglich, Tongesteine der Oberkreide in ausreichender Mächtigkeit anzutreffen. Unklar ist aufgrund der Datenlage, ob diese flächendeckend die nötige Teufenlage zur Erfüllung der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches* aufweisen sowie ob sie an allen Lokalitäten die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen.

Die Ausführungen der BGE zu den ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) unterstützen allerdings die Annahme, dass Gebiete mit Tongestein der Oberkreide vorhanden sind, die sowohl die

Mindestanforderungen zur minimalen Teufe und der Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich erfüllen (Abbildung 5-13).

Abbildung 5-13: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 008_02



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Es besteht allerdings die Möglichkeit, dass nicht alle vorkommenden Lithologien innerhalb des Zielhorizonts den Definitionen des Wirtsgesteins Tonstein der BGE entsprechen. In einem solchen Fall ist zu erwarten, dass die Mindestanforderungen zur *Gebirgsdurchlässigkeit* und dem *Erhalt der Barrierewirkung* nicht über die gesamte Fläche der Segmente gegeben sind.

Dennoch ist auf Grund der stichprobenartigen Einschätzung nicht auszuschließen, dass das Segment bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU weiterhin als Teiluntersuchungsraum im Verfahren bleibt.

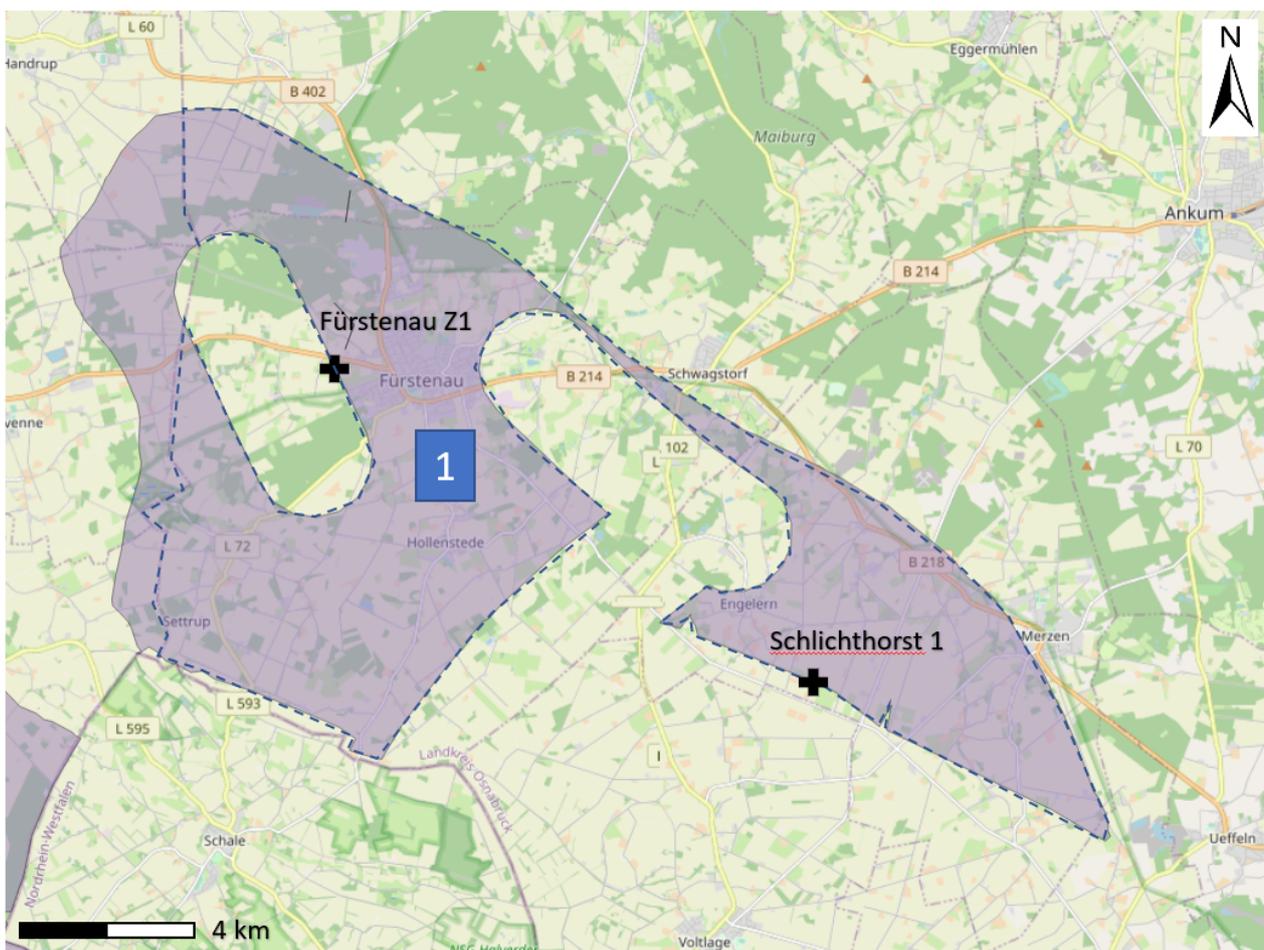
5.6 Teilgebiet 076_03: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötsalinars (oberer Buntsandstein) der Untertrias

Das Teilgebiet 076_03 umfasst, wie in Kapitel 3.1 und Kapitel 5 dargestellt, Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötsalinars (oberer Buntsandstein) der Untertrias und erstreckt sich auf einer Fläche von 459 km² über eine große Fläche von Niedersachsen. Im Landkreis Osnabrück liegt ein Segment des Teilgebietes (siehe Abbildung 3-9 und Abbildung 5-14).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief (BGE 2020r) wird die Mächtigkeit mit maximal 1.010 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ mit 500 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 459 km². Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen erscheint, bezogen auf das Teilgebiet 076_03, generell nachvollziehbar.

Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf das Segment des Teilgebietes 076_03 im Landkreis Osnabrück einzuschätzen, werden im Folgenden das Segment (blauer Rahmen) des Teilgebietes 076_03 und Tiefbohrungen im nahen Umkreis im Landkreis Osnabrück betrachtet (Abbildung 5-14).

Abbildung 5-14: Segment 1 des Teilgebietes 076_03 im Landkreis Osnabrück



Quelle: Eigene Darstellung. Erstellt mit QGIS, Kartengrundlage OpenStreetMap, Shape-Daten des Teilgebiets bereitgestellt von der BGE mbH unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/>

Das Segment erstreckt sich im Westen des Landkreises nordwestlich von Osnabrück zwischen den Gemeinden Fürstenau und Ueffeln. Auf der Seite des Landkreises Osnabrück weist das Segment eine Fläche von ungefähr 62 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*. Das Segment erstreckt sich auf einer relativ kleinen Fläche bis in den Landkreis Emsland. Die zwei Tiefenbohrungen liegen einmal im Westen inmitten und im Osten am Rand des Segments.

Für das Segment wurden die zwei Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-7). Beide Bohrungen führen in ihren Schichtverzeichnissen Gesteine des oberen Buntsandsteins auf. In beiden Bohrungen dominieren jedoch Siliziklastika der Röttonformationen (Röt 3 und Röt 4). Dennoch tritt an beiden Lokalisationen auch der gesuchte Zielhorizont des Rötalinars auf. Somit kann festgehalten werden, dass Gesteine des gesuchten Alters vorhanden sind. Demnach lässt sich ableiten, dass die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* gegeben sein könnten. Zwar erfüllen beide Lokalisationen die Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches*, jedoch weisen beide Lokalisationen nicht die ausreichende Mächtigkeiten des Rötalinars auf, um die Mindestanforderung der *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches* zu erfüllen.

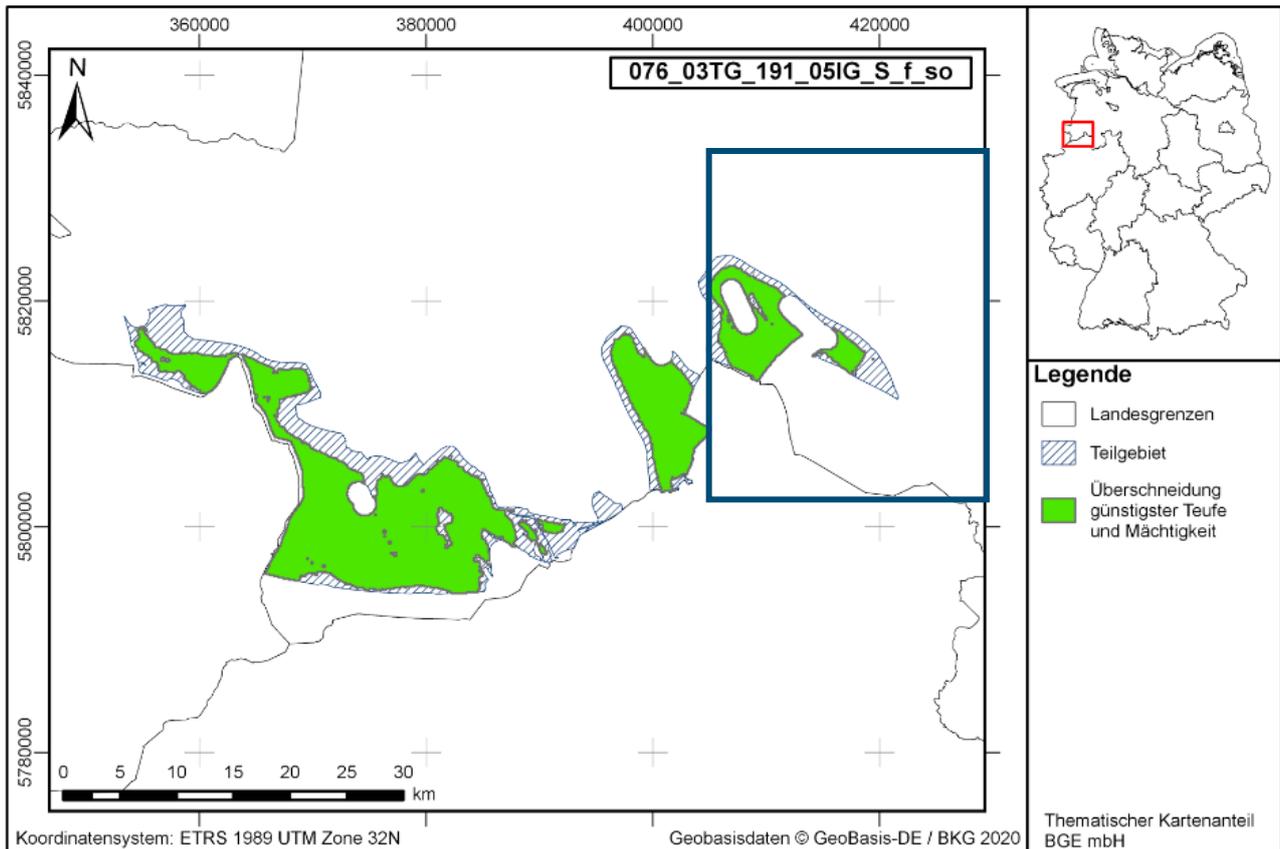
Tabelle 5-7: Relevante Bohrungen für das Segment des Teilgebietes 076_03

Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			Beschreibung
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	
Fürstenau Z1	2.161	1.191	1.227	36	Rötalinare (oberer Buntsandstein/Untertrias)
Schlichthorst 1	1.481	612	681	69	Rötalinare (oberer Buntsandstein/Untertrias)

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut e.V.

Die Stichproben der beiden Tiefenbohrungen im Segment des Teilgebietes 076_03 zeigen, dass es im Landkreis Osnabrück generell möglich sein kann, Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötalinars anzutreffen. Dass sie die nötige Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs aufweisen, um die Mindestanforderungen zu erfüllen, lässt sich anhand der Datenlage nicht bestätigen.

Abbildung 5-15: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 076_03



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Im Gegensatz zur unserer Auswertung der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen unterstützen die Ausführungen der BGE zu den ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) die Annahme, dass Gebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötalinars vorhanden sind, die sowohl die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* als auch zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches* (Abbildung 5-15).

Es bleibt zweifelhaft, ob das Segment des Teilgebietes 076_03 bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft weiterhin als Teiluntersuchungsraum im Verfahren bleiben wird.

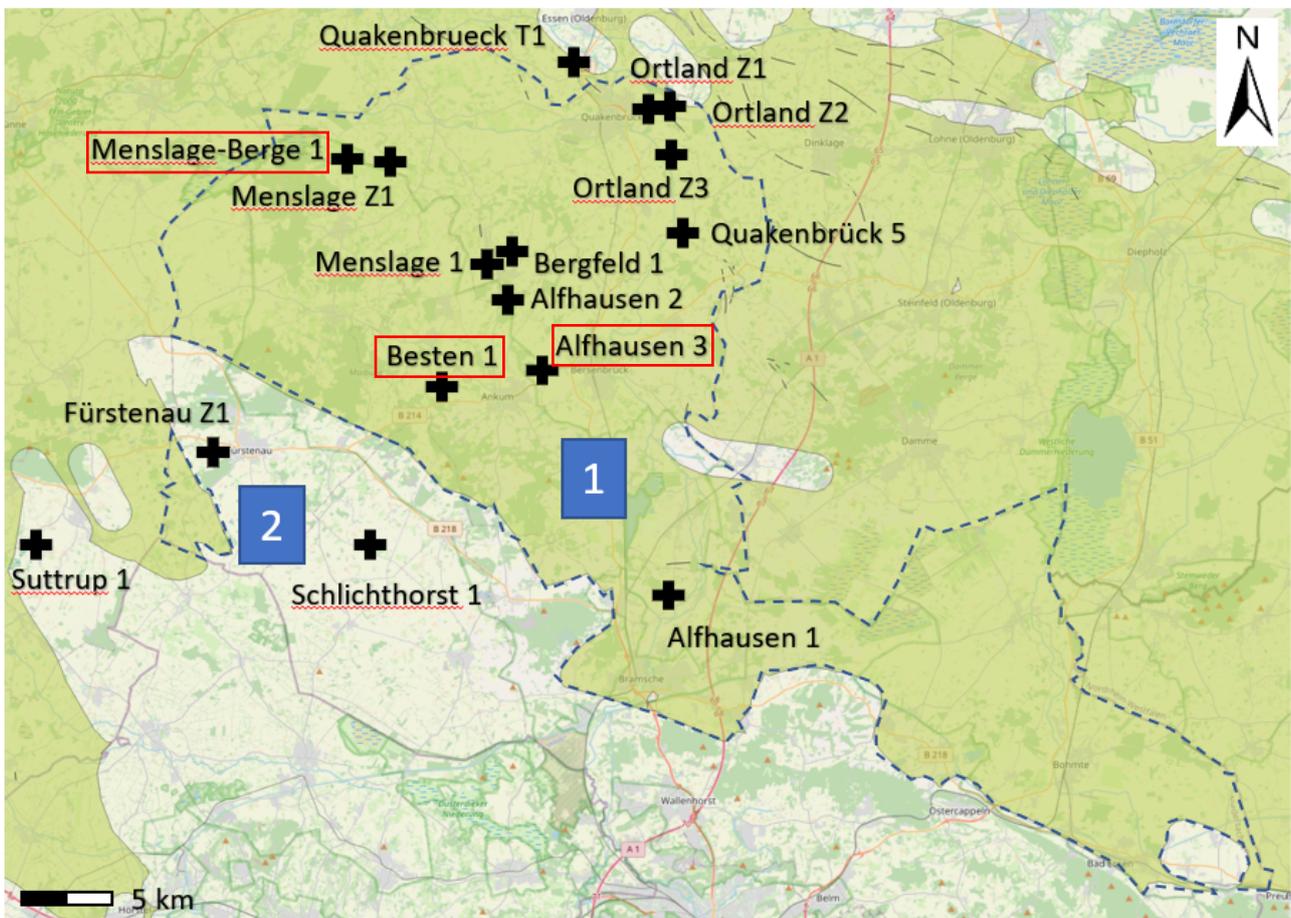
5.7 Teilgebiet 077: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Malms (Oberjura)

Das Teilgebiet 077 umfasst, wie in Kapitel 3.1 und Kapitel 5 dargestellt, Steinsalz in stratiformer Lagerung des Malms (Oberjura) und erstreckt sich auf einer Fläche von 4.992 km² über eine größere Fläche von Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Im Landkreis Osnabrück haben wir zwei Segmente des Teilgebietes mit Nummern gekennzeichnet (siehe Abbildung 3-11 und Abbildung 5-16).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief (BGE 2020s) wird die Mächtigkeit mit maximal 1.200 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 4.992 km². Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen ist, bezogen auf das Teilgebiet 077, generell nachvollziehbar.

Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf die Segmente des Teilgebietes 077 im Landkreis Osnabrück einzuschätzen, werden im Folgenden die Segmente (blauer Rahmen) des Teilgebietes 077 und Tiefbohrungen im nahen Umkreis im Landkreis Osnabrück betrachtet (Abbildung 5-16).

Abbildung 5-16: Segmente 1 und 2 des Teilgebietes 077 im Landkreis Osnabrück



Quelle: Eigene Darstellung. Erstellt mit QGIS, Kartengrundlage OpenStreetMap, Shape-Daten des Teilgebiets bereitgestellt von der BGE mbH unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/>

Das **Segment 1** erstreckt sich fast über die gesamte nördliche Hälfte des Landkreises Osnabrück entlang der NW-SE-Achse nördlich der Gemeinden Fürstenau, Bramsche und Bad Essen (Abbildung 5-16). Sowohl im Westen als auch im Osten und Norden geht das Segment in die benachbarten Landkreise Emsland, Vechta und Cloppenburg sowie in das Land Nordrhein-Westfalen über. Auf der Seite des Landkreises Osnabrück weist das Segment eine Fläche von ungefähr 212 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Auf der Fläche von Segment 1 wurden insgesamt 13 Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-8). An den beiden Lokalitäten der Bohrungen Quakenbrueck T1 und Ortland Z1 im äußersten Norden des Segments können in den Schichtverzeichnissen der Bohrungen Gesteine der *Serpulit Subformation (Obermalm 6, siehe Kapitel 3.2)* des Oberjuras nachgewiesen werden. Somit sind hier Gesteine des gesuchten Alters vorhanden. Allerdings entsprechen diese nicht den von der BGE gesuchten Zielhorizonten (siehe hierzu auch Kapitel 3.2). Es ist anzunehmen, dass bei Gesteinen angetroffener Formationen wie der *Serpulit Subformation*, welche die BGE nicht ausdrücklich als potenzielle Zielhorizonte benennt, die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* nicht gegeben sind.

Alle weiteren Tiefenbohrungen weisen Gesteine des Oberjuras, genauer der gesuchten Zielhorizonte (*Obermalm 3 bis 5, Münder Mergel, Katzberg*) auf. Demnach sind Gesteine des gesuchten Alters und der gesuchten Lithologie vorhanden. An allen Lokalitäten lassen sich ausreichende Mächtigkeiten von 115 m bis 980 m an potenzieller Mächtigkeit der gesuchten Lithologien nachweisen.

Hervorzuheben sind drei Tiefenbohrungen in zentraler Lage des Segments (siehe Abbildung 5-16, rot). An der Lokalität der Bohrung Menslage 1 wurden im Schichtverzeichnis zwei ausreichend mächtige Steinsalzlager von ~141 Metern und ~130 Metern in Tiefen von ~900 bis ~1250 Metern vorgefunden (BGR 2014b), welche beide die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen.

An der Lokalität der Bohrung Menslage-Berge 1 sind laut Schichtenverzeichnis insgesamt knapp über 800 Meter an Schichten des *Mündener Mergels* vorhanden, in welchen sich potenziell ausreichend mächtige Steinsalzlager ausgebildet haben könnten. Die (BGR 2014a) spricht für diese Lokalität von einem ~808 Meter mächtigen nahezu reinen Steinsalzlager, welches nur von einer kompakten Tonschicht mit mittlerer Mächtigkeit von ~30 Metern gestört würde. (BGR 1995) gibt zusätzlich an, dass das Salz durch zahlreiche dünne Tonstein- und Anhydritschichten verunreinigt sei.

Die Bohrung Besten 1 weist ebenso knapp 760 Meter an Schichten des Obermalms auf. Im Schichtverzeichnis werden keine genaueren Angaben zur Lithologie gemacht. Die (BGR 2014a) beruft sich für diese Lokalität auf insgesamt drei relativ reine Steinsalzlager mit Mächtigkeiten von ~115 Metern, ~65 Metern und ~416 Metern, welche durch Tonsteinhorizonte mit mittleren Mächtigkeiten von ~56 Metern und ~40 Metern getrennt werden. Das ~416 Meter mächtige untere Steinsalzlager ist zudem durch dünne Tonstein- und Anhydritlagen verunreinigt.

Auch die Bohrung Alfhausen 3 weist insgesamt über 970 Meter mächtige Schichten des Oberjuras, genauer der potenziell geeigneten Schichten des *Münder Mergels (Obermalm 3 bis 5)* auf. Die (BGR 2014a) berichtet für diese Lokalität von insgesamt vier relativ reinen Steinsalzlager mit Mächtigkeiten von ~165 Metern, ~220 Metern, ~240 Metern und ~110 Metern. Wohingegen die obersten beiden Steinsalzlager durch eine ~10 Meter mächtige Anhydrit- und eine ~50 Meter

mächtige Tonsteinschicht getrennt sind, weisen die unteren drei Steinsalzlager Verunreinigungen durch vorwiegend Tonstein- und nebensächlich Anhydritschichten auf.

Somit muss grundsätzlich damit gerechnet werden, dass innerhalb der gesuchten Lithologien genug Mächtigkeiten bestehen könnten, um Steinsalzlager zu beherbergen, welche die Mindestanforderungen der *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* sowie die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen könnten.

Das **Segment 2** erstreckt sich auf einer kleinen Fläche südlich von der Gemeinde Fürstenau in den Landkreis Osnabrück (Abbildung 5-16) und weist eine Fläche von ungefähr 10 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Für das Segment wurden drei Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-8). Die zwei Tiefenbohrungen Suttrup 1 (Landkreis Emsland), Fürstenau Z1 und Schlichthorst 1 liegen westlich, nördlich und östlich des Segments. Da keine der Tiefbohrungen direkt auf der Fläche des Teilgebietes liegt, lassen sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen. Dennoch weist keine der drei Bohrungen in ihren Schichtverzeichnissen Gesteine des Oberjuras auf. Somit fehlen Gesteine des gesuchten Alters in den Schichtverzeichnissen der Bohrungen. Auf Grund der räumlichen Lage der Bohrungen kann vermutet werden, dass in dem Segment daher weder die Mindestanforderung *Gebirgsdurchlässigkeit* noch die zum *Erhalt der Barrierewirkung* gegeben sein könnten. Ebenso sind nicht die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* zweifelhaft. Daher ist vorsichtig anzunehmen, dass das Segment 2 bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU nicht mehr als Teiluntersuchungsraum im StandAV verbleiben wird.

Tabelle 5-8: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 007

Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			Beschreibung
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	
Quakenbrueck T1	2.680	-	-	-	Serpulit Subformation, Obermalm fehlt
Ortland Z1	3.065	-	-	-	Serpulit Subformation, Obermalm fehlt
Ortland Z2	2.604	383	580	197	Katzberg, Obermalm
Ortland Z3	2.541	623	864	241	Obermalm, Obermalm 3
Quakenbrück 5	1.579	620	1.394	774	Obermalm
Menslage-Berge 1	1.580	371	1.179	808	Münder Mergel
Menslage 1	1.734	793	908	115	Oberjura, keine Angaben zur Gesteinsart
		908	1.049	141	Oberjura, Steinsalz
		1.105	1.235	130	Oberjura, Steinsalz
Menslage Z1	4.584	336	1.082	746	Münder Mergel, Obermalm,
Bergfeld 1	1.612	643	1.352	709	Obermalm 3 bis 5
Besten 1	1.918	409	1.168	759	Obermalm
Alfhausen 1	3.644	55	645	345	Oberjura
Alfhausen 2	1.957	550	1.530	980	Münder Mergel, Katzberg
Alfhausen 3	1.974	362	1.335	973	Münder Mergel, Obermalm 3a bis 4a
Fürstenu Z1	2.161	-	-	-	Oberjura fehlt
Suttrup 1	2.389	-	-	-	Oberjura fehlt
Schlichthorst 1	1.418	-	-	-	Oberjura fehlt

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut e.V.

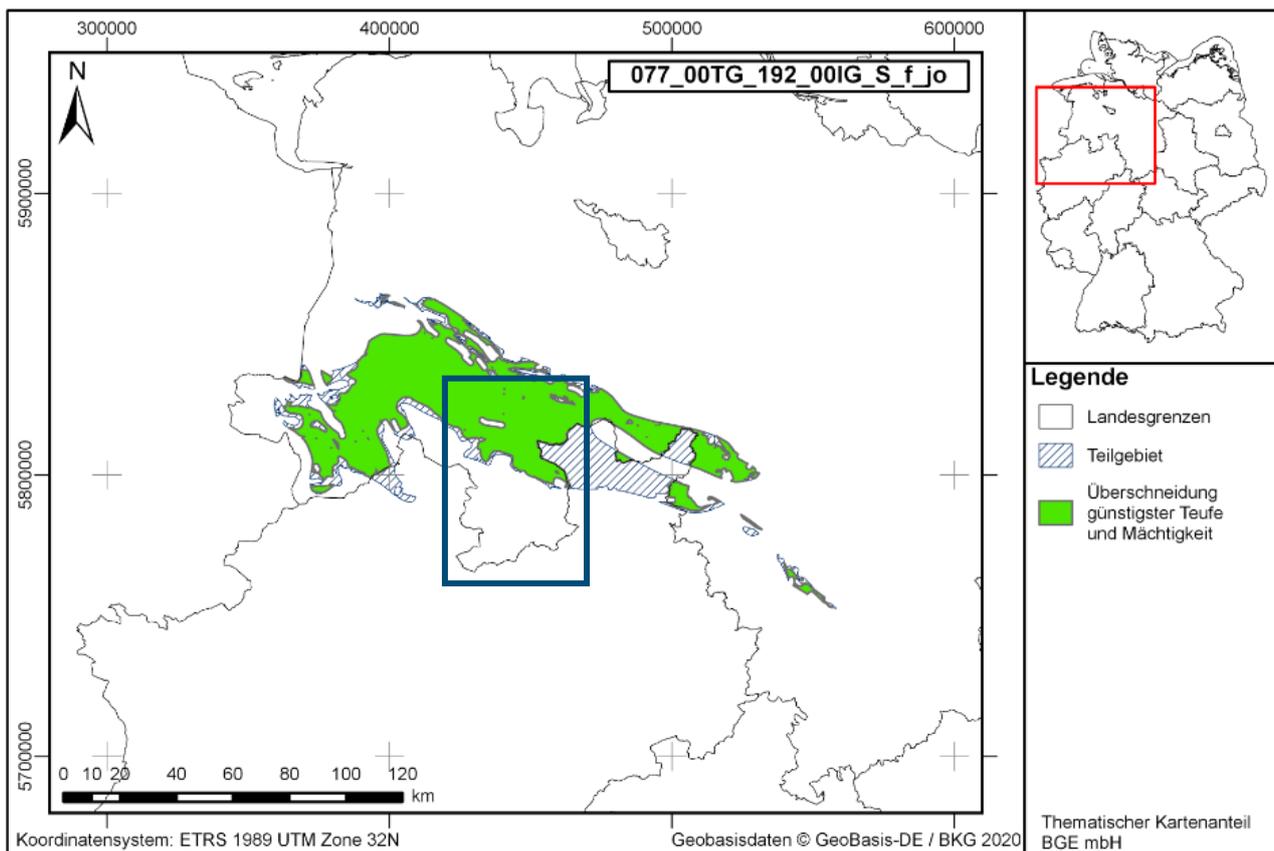
Die Stichproben von insgesamt neun Tiefenbohrungen in Segment 1 des Teilgebietes 077 zeigen dahingegen, dass es im Landkreis Osnabrück generell möglich sein kann, Steinsalz in stratiformer Lagerung des Oberjuras in ausreichender Mächtigkeit anzutreffen. Diese liegen zudem ist aussichtsreicher Teufe, um die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* zu erfüllen. Diese Annahmen werden unterstützt durch die Ausführungen zur Verbreitung der Halit-formenden Malm-Salinare in Niedersachsen (BGR 1977), die den NW-SE-Verlauf der sogenannten *Menslage-Alfhausen-Lembruch-Senke* zeigt, welche sich durch große Teile des Landkreises Osnabrück zieht. In der *Menslage-Alfhausen-Lembruch-Senke* kam es seit dem Jura zur Ausbildung mächtiger Steinsalzlager (siehe auch Kapitel 3.2). Auch die Ausführungen der BGE zu den ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) unterstützen die Annahme, das Gebiete mit Tongesteine des Mitteljuras vorhanden sind, die sowohl die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen (Abbildung 5-17).

Daher muss davon ausgegangen werden, dass im Landkreis Osnabrück im Bereich der *Menslage-Alfhausen-Lembruch-Senke* ausreichend mächtige Steinsalzlager innerhalb des Zielhorizont auftreten, um die Mindestanforderungen zur *Gebirgsdurchlässigkeit* und dem *Erhalt der*

Barrierewirkung über große Teile des Segments gegeben sind. Inwiefern die potenziell geeigneten Steinsalzlager für den Standort eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle anbieten oder ob sie durch Tonstein- und Anhydritschichten gestört oder verunreinigt sind, können nur detailliertere und standortbezogene Erkundungen aufzeigen.

Dennoch ist zu erwarten, dass das Segment 1 bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU weiterhin als Teiluntersuchungsräume ausgewiesen werden könnte.

Abbildung 5-17: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 077



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

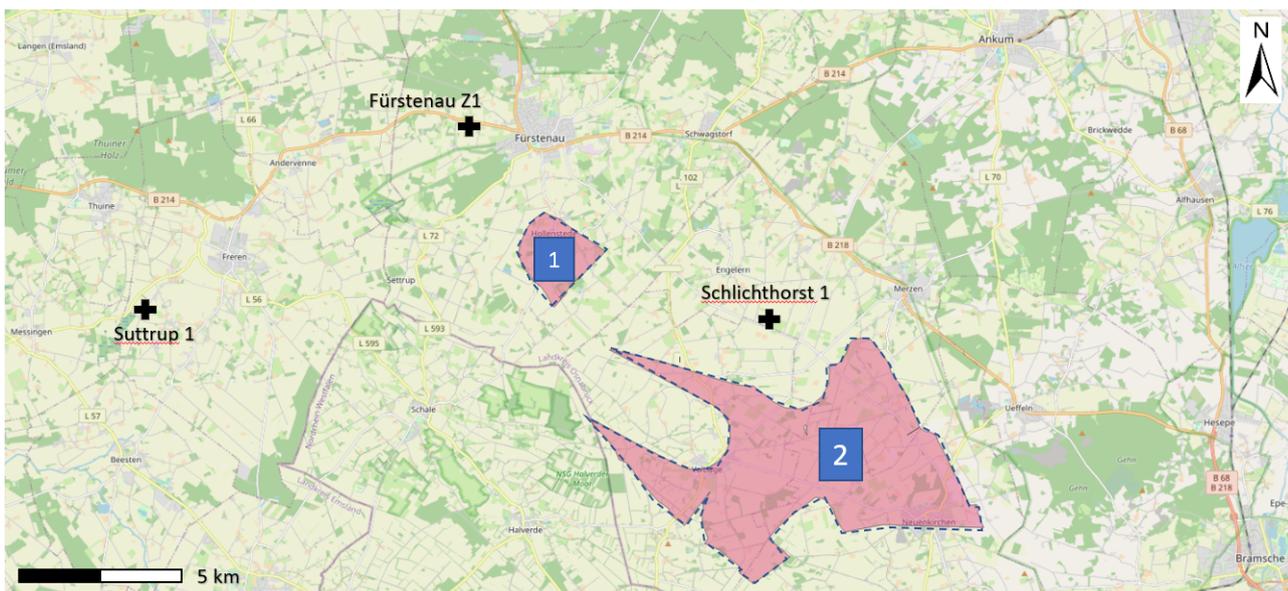
5.8 Teilgebiet 078_06: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins (oberes Perm)

Das Teilgebiet 078_06 umfasst, wie in Kapitel 3.1 und Kapitel 5 dargestellt, Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins (oberes Perm) und erstreckt sich auf einer Fläche von 1.541 km² hauptsächlich in Nordrhein-Westfalen und nur einer kleinen Fläche von Niedersachsen. Im Landkreis Osnabrück befinden sich zwei Segmente des Teilgebiets (siehe Abbildung 3-14 und Abbildung 5-18).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief (BGE 2020t) wird die Mächtigkeit mit maximal 830 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 459 km². Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen ist, bezogen auf das Teilgebiet 078_06, generell nachvollziehbar.

Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf die Segmente des Teilgebietes 078_06 im Landkreis Osnabrück einzuschätzen, werden im Folgenden die Segmente (blauer Rahmen) des Teilgebietes 076_03 und Tiefbohrungen im nahen Umkreis im Landkreis Osnabrück betrachtet (Abbildung 5-14). Die Tiefenbohrungen liegen um die Segmente herum verteilt. Da keine der Tiefbohrungen direkt auf der Fläche der Segmente liegt, lassen sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine in den Segmenten treffen.

Abbildung 5-18: Segmente 1 und 2 des Teilgebietes 078_06 im Landkreis Osnabrück



Quelle: Eigene Darstellung. Erstellt mit QGIS, Kartengrundlage OpenStreetMap, Shape-Daten des Teilgebiets bereitgestellt von der BGE mbH unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/>

Die **Segmente 1 und 2** befinden sich beide im Westen des Landkreises nordwestlich der Stadt Osnabrück zwischen den Gemeinden Fürstenau und Bramsche. Sie weisen Flächen von ungefähr 4 km² und 33 km² auf und erfüllen somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Für die Segmente wurden drei Tiefenbohrungen stichprobenartig ausgewertet (Tabelle 5-9). Die zwei Tiefenbohrungen Suttrup 1 (Landkreis Emsland) und Fürstenau Z1 liegen westlich der Segmente und die Bohrung Schlichthorst 1 zwischen beiden Segmenten. Alle drei Bohrungen weisen in ihren Schichtverzeichnissen Gesteines des Zechsteins (oberes Perm) auf. Somit sind Gesteine des gesuchten Alters vorhanden. Demnach lässt sich vermuten, dass die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* des Zielhorizontes in den Segmenten gegeben sein könnten. Die beiden westlichen Lokalitäten Suttrup 1 (Landkreis Emsland) und Fürstenau Z1 erfüllen zwar die Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches* und weisen ausreichende Mächtigkeiten die Zielhorizontes auf. Jedoch scheint die Teufenlage des Zielhorizontes deutlich tiefer (>1.500 m) als die maximale Suchteufe der BGE zu liegen (BGE 2020k). Somit würde die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches* nicht erfüllt werden, da der ewG hier unter der maximalen Suchteufe der BGE läge. Da sich die vorhandenen Tiefenbohrungen allerdings nur in unmittelbarer Nähe der Segmente befinden und die Lokalität der Bohrung Schlichthorst 1 sowohl die Mindestanforderung zur *minimalen Teufe* als auch zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllt, kann nicht definitiv ausgeschlossen werden, dass die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* innerhalb der Segmente erfüllt werden.

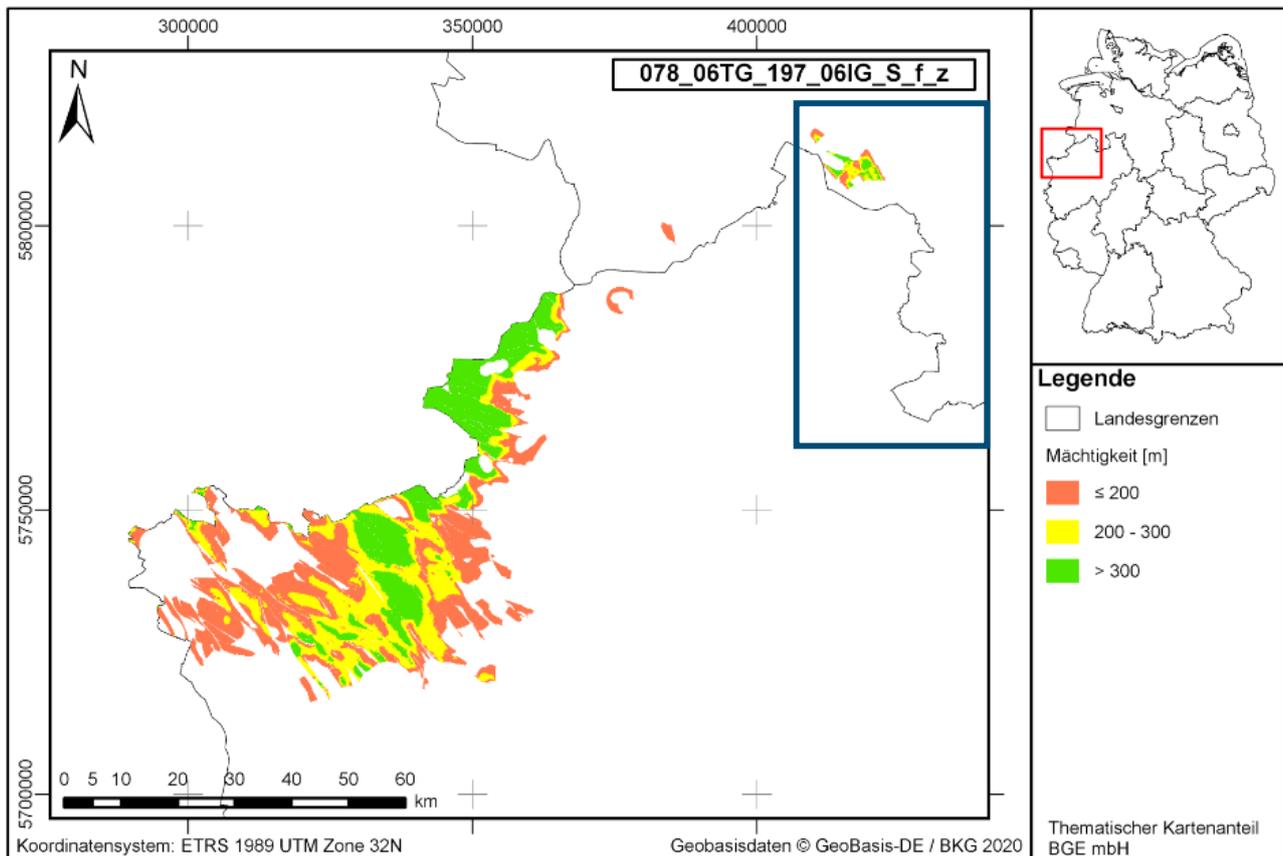
Tabelle 5-9: Relevante Bohrungen für das Segment des Teilgebietes 078_06

Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			Beschreibung
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	
Fürstenau Z1	2161	1833	2161	-	Zechstein, Werra Steinsalz
Schlichthorst 1	1418	1095	1362	267	Zechstein, Werra Steinsalz
Suttrup 1	2389	1537	2389-	-	Zechstein, Werra Steinsalz

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut e.V.

Die Stichproben der drei Tiefenbohrungen in den beiden Segmenten des Teilgebietes 078_06 zeigen, dass es im Landkreis Osnabrück generell möglich sein kann, Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins in ausreichender Mächtigkeit anzutreffen. Dieses liegt im Westen in der Nähe zu Segment 1 möglicherweise aber zu tief, um die Mindestanforderung der *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches* zu erfüllen. Auf Basis der Schichtverzeichnisse der Tiefbohrungen ist anzunehmen, dass der Zielhorizont nach Osten hin einfällt, und es somit möglich sein kann, dass die Mindestanforderung der *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches* für Segment 2 erfüllt werden könnte.

Abbildung 5-19: Darstellung der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit für das Teilgebiet 078_06



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Die Ausführungen der BGE zu den ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) geben an, dass Gebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins vorhanden sind, die sowohl die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen (Abbildung 5-19, grüne Markierung).

Unklar bleibt nach aktueller Datenlage, ob alle vorkommenden Lithologien innerhalb des Zielhorizonts den Definitionen des Wirtsgesteins Steinsalz in stratiformer Lagerung der BGE entsprechen. Entsprechend ist es möglich, dass die Mindestanforderungen zur *Gebirgsdurchlässigkeit* und dem *Erhalt der Barrierewirkung* nicht über die gesamte Fläche der Segmente gegeben sind.

Ob die Teile der Segmente, die eine Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit aufweisen, jedoch ebenfalls die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* erfüllen, lässt sich nach aktueller Datenlage nicht sagen. Trotzdem ist anzunehmen, dass beide Segmente des Teilgebietes 078_06 im bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU weiterhin als Teiluntersuchungsräume ausgewiesen werden könnten.

6 Anwendung der individuell bewerteten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien auf identifizierte Gebiete in Stadt und Landkreis Osnabrück

Für die Bewertung der Abwägungskriterien werden detaillierte, standortspezifische Informationen benötigt, die zum jetzigen Zeitpunkt für die Untersuchung der identifizierten Gebiete selten oder nur unvollständig vorliegen. Eine gebietsspezifische Anwendung aller Abwägungskriterien war daher bei der Bewertung der identifizierten Gebiete und der darauf aufbauenden Ausweisung der Teilgebiete noch nicht möglich.

Bei der Anwendung der Mehrzahl der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien hat die BGE zur Ermittlung der Teilgebiete auf wirtsgesteinsspezifische Referenzdaten zurückgegriffen. Die Bewertung der einzelnen Indikatoren innerhalb der geoWK erfolgte in diesem Fall auf Basis von Referenzwerten oder Argumenten aus der Fachliteratur. Nach Aussage der BGE wurden möglichst günstige Bewertungen der Gesteinseigenschaften verwendet, um im Sinne eines konservativen Ansatzes bei der Ermittlung von Teilgebieten einen Ausschluss potenziell geeigneter Gebiete zu vermeiden. Auch hält die Vorhabenträgerin fest, dass „bei wenig, keinen oder nicht eindeutigen Daten [...] stets von einer tendenziell günstigen Annahme ausgegangen“ wurde (BGE 2020i). Auf diese Weise sollte vermieden werden, im ersten Verfahrensschritt aufgrund einer schlechten Datenlage schon Gebiete auszuschließen, die sich als geeignet erweisen könnten.

Die Bewertung von Kriterien mittels Referenzdaten erfolgte für alle Teilgebiete eines Wirtsgesteinstyps jeweils identisch. Die Referenzdaten für Steinsalz, Tongestein und kristalline Gesteine sind in der Unterlage „Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG“ (BGE 2020i) festgehalten. Darin „erfolgt keine Differenzierung von Steinsalz in steiler Lagerung und stratiformem Steinsalz“ (BGE 2020i).

Einzelne geowissenschaftliche Abwägungskriterien konnten individuell anhand gebietsspezifischer Daten bewertet werden. Bei Gebieten mit Steinsalz in stratiformer Lagerung und Gebieten mit Tongestein wurden für sieben von elf Kriterien Referenzdatensätze verwendet. Lediglich die Kriterien 2, 3, 4 und 11 wurden gebietsspezifisch bewertet (BGE 2020e).

Die bisherige Anwendung dieser gebietsspezifisch bewerteten Kriterien durch die BGE auf die Teilgebiete in Stadt und Landkreis Osnabrück wird im Folgenden geprüft und Schlussfolgerungen daraus in Kapitel 8 zusammengefasst.

Eine erneute Anwendung der geoWK wird gegen Ende der Phase I voraussichtlich nur für Teiluntersuchungsräume vorgenommen, die nach den rvSU in die Kategorien A oder B eingeordnet werden (siehe hierzu Kapitel 7). Entsprechend sind die geoWK ausschließlich für Segmente der Teilgebiete in Stadt und Landkreis Osnabrück relevant, die potenziell als Teiluntersuchungsraum (TUR) im Verfahren verbleiben (siehe hierzu Einschätzungen in den Kapiteln 0 bis 0).

6.1 Teilgebiet 004: Tongesteine des Paläogens (Tertiär)

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

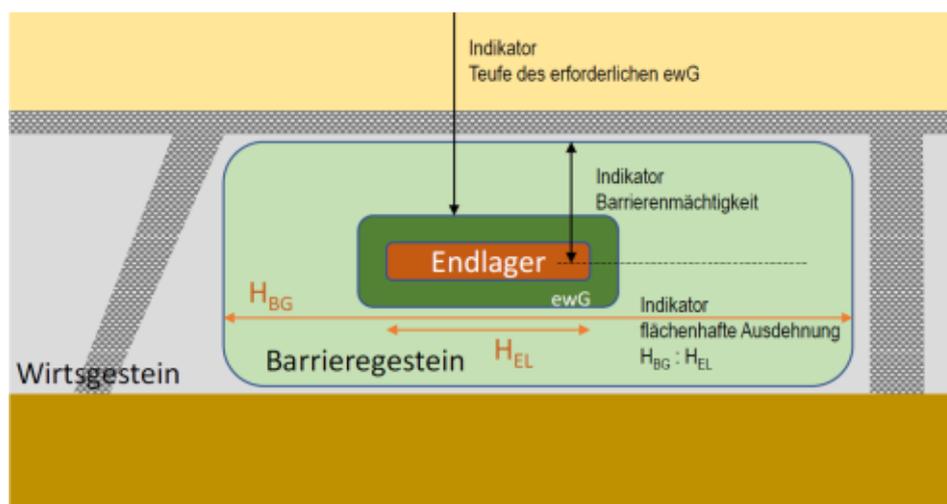
Alle fünf Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet. Der nur für Gebiete in Tongestein angewandte Indikator *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können*, wurde, wie in Kapitel 2.3 ausgeführt, für alle identifizierten Gebiete in Tongestein als günstig bewertet. Zur

Begründung wird im Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) auf Kapitel 7.2.3.2 der Arbeitshilfe zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020e) verwiesen. Dieser Verweis führt jedoch nicht zum betreffenden Abschnitt der Arbeitshilfe, sondern zum Abschnitt „Anwendung – Barrierenwirksamkeit“.

Im erklärenden Abschnitt „Anwendung – Potentialbringer“ wird unter Verweis auf verschiedene Quellen dargestellt, dass „Tongesteine als Grundwassergeringleiter [...] im ungestörten Schichtenpaket notwendigerweise zwischen verschiedenen Stockwerken von Grundwasserleitern“ (BGE 2020e) liegen. Es sei „allerdings beispielsweise denkbar, dass bei einer sehr mächtigen Tonformation aufgrund der geringen Permeabilitäten“ „trotz Kontakt des Wirtsgesteins zu einem Grundwasserleiter, dieser Grundwasserleiter nicht als in unmittelbarer Nähe zum einschlusswirksamen Gebirgsbereich liegend eingestuft werden muss“ (BGE 2020m). Nach Anlage 2 zu § 24 StandAG ist ein „Grundwasserleiter in Nachbarschaft zum Wirtsgestein/einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ (StandAG 2017) als weniger günstig zu bewerten.

Der Indikator *Barrierenmächtigkeit* wird als günstig eingestuft, da eine Mächtigkeit von mehr als innerhalb des Teilgebiets für eine Fläche von 24.667 km² vorhanden sei, also ein deutlich größeres Gebiet als den Mindestflächenbedarf von 10 km² (BGE 2020m). Nach Anlage 2 zu § 24 StandAG gilt eine Barrierenmächtigkeit von > 150 m als günstig. Die Anwendung der doppelten Mächtigkeit von 300 m wird in der Arbeitshilfe (BGE 2020e) damit begründet, dass die gebräuchliche Definition des Begriffs die räumliche Ausdehnung des Einlagerungsbereichs vernachlässige (siehe Abbildung 6-1).

Abbildung 6-1: Darstellung der räumlichen Konfiguration der sicherheitsrelevanten Bestandteile für einschlusswirksame Gebirgsbereiche im Wirtsgestein



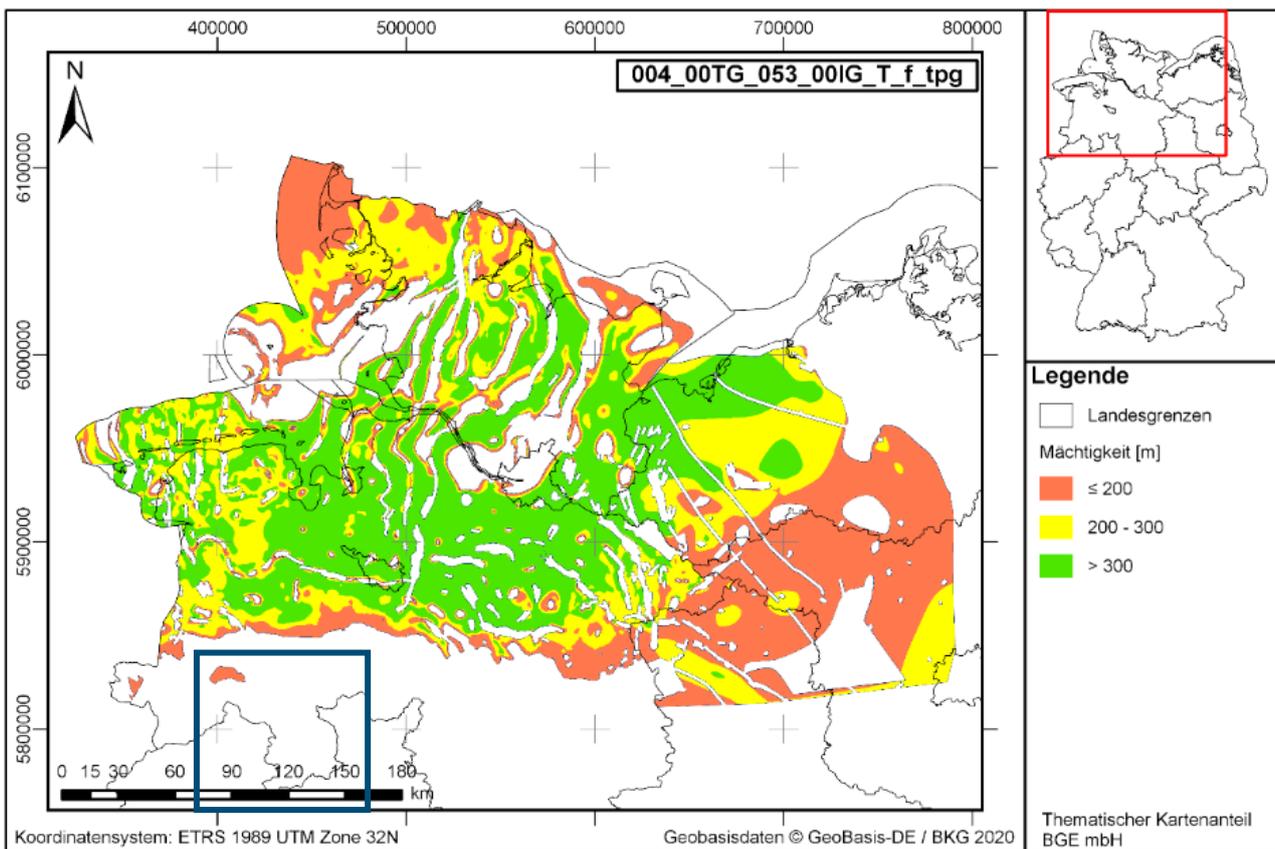
Quelle: BGE 2020e

Die Anwendung des Indikators im Zwischenbericht Teilgebiete kann zum jetzigen Zeitpunkt, zu dem weder ein Standort noch ein Sicherheitskonzept gemäß § 10 EndSiAnfV (2020) vorliegt, als nachvollziehbar und plausibel angesehen werden.

Wie in Kapitel 5.1 ausgeführt, ist allerdings aus den Schichtverzeichnissen aller vier Tiefenbohrungen zu entnehmen, dass in unmittelbarer Umgebung um das Segment des Teilgebietes 004 entweder kein tertiäres Tongestein mit einer Mächtigkeit von 100 m ansteht oder

dies nicht in ausreichender Tiefe vorkommt. Entsprechend ist für das im Landkreis Osnabrück liegende Segment des Teilgebiets 004 fraglich, ob hier eine passende Überschneidung von günstiger Tiefe und Mächtigkeit vorliegt. Zwar liegen die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nur in unmittelbarer Nähe und nicht innerhalb des Segments, weshalb sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen lassen. Dennoch wird diese Annahme auch durch die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) bestätigt, wie in Abbildung 6-2 an der rötlichen Fläche zu erkennen ist.

Abbildung 6-2: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 004.



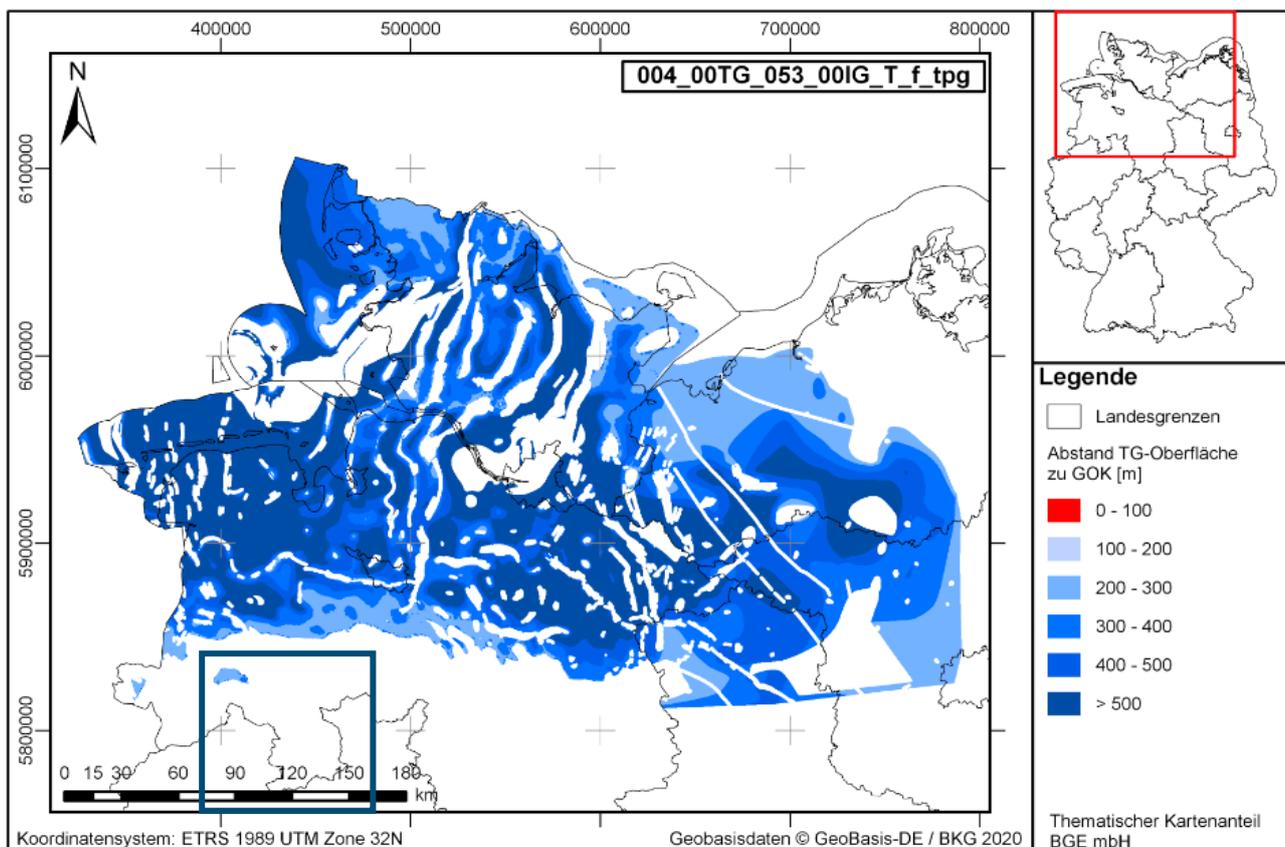
Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Der Indikator *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* wurde für alle identifizierten Gebiete als günstig bewertet, wie in Kapitel 2.3 dargestellt. Diese Anwendung ist nachvollziehbar, stellt jedoch eine sehr starke Vereinfachung dar. Die Voraussetzung, dass Wirtsgestein und einschlusswirksamer Gebirgsbereich Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind, der wiederum über gute Einschlusseigenschaften verfügt, ist unter Sicherheitsgesichtspunkten zwar anzustreben. Es kann jedoch nicht zwingend davon ausgegangen werden, dass eine solche Konfiguration von einschlusswirksamem Gebirgsbereich und Einlagerungsbereich in der Realität am Ende des StandAV möglich ist, weshalb die Endlagerkommission in ihrem Abschlussbericht (Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe 2016) auch andere Möglichkeiten zur Gewährleistung des sicheren Einschlusses aufgezeigt hat und das StandAG die Möglichkeit einer unvollständigen Umschließung vorsieht. Im

weiteren Verfahren sollte in jeder im Verfahren verbleibenden Standortregion und an jedem Standort geprüft werden, ob eine vollständige Umschließung tatsächlich gewährleistet werden kann.

Der Indikator *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wurde als günstig bewertet, da sich die Basisfläche des Teilgebiets in Tiefen von bis zu 1500 m (Untergrenze des von der BGE betrachteten Suchraums) befindet und daher die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m möglich ist. Die Methodik der Anwendung ist nachvollziehbar. Für das Segment des Teilgebiets 004 im Landkreis Osnabrück wurde in Kapitel 5.1 an vier Tiefenbohrungen gezeigt, dass die Basislinie der tertiären Tongesteinsvorkommen deutlich höher und deutlich oberhalb von 500 m unter GOK liegt. Zwar muss an dieser Stelle angeführt werden, dass die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nur in unmittelbarer Nähe und nicht innerhalb des Segments verortet sind, weshalb sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen lassen. Diese Annahme wird aber auch durch die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) bestätigt (Abbildung 6-3). Das Ergebnis der Indikatorenbewertung ist demnach nicht direkt auf das Segment des Teilgebietes 004 im Landkreis Osnabrück übertragbar.

Abbildung 6-3: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 004

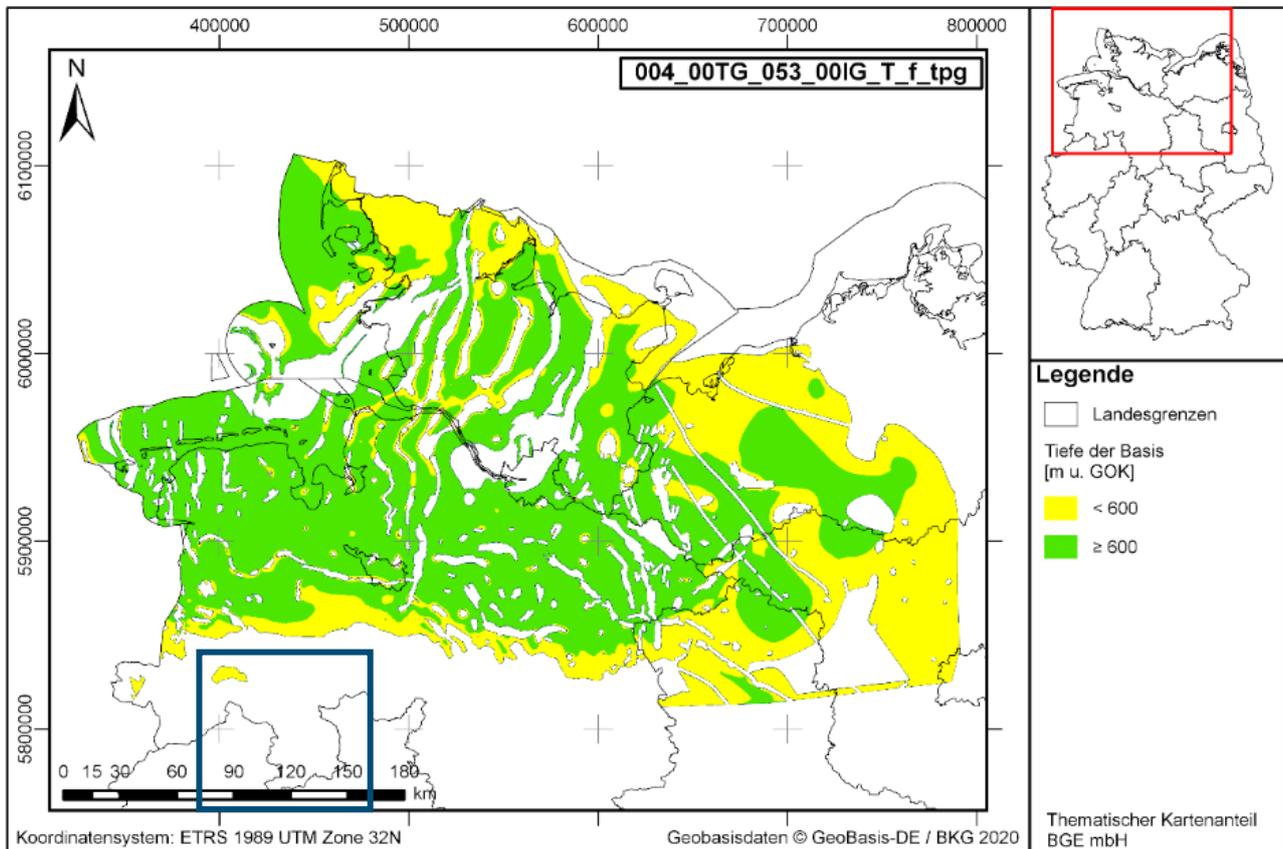


Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Bei der Betrachtung der die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) wird darüber hinaus deutlich, dass auch die Annahme, dass die Basisfläche der tertiären Tonsteine im Segment des Teilgebietes 004 in

Tiefen von bis zu 1500 m (Untergrenze des von der BGE betrachteten Suchraums) befindet, eher nicht zutrifft. Daher ist die Annahme der Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m aller Voraussicht nach nicht möglich (Abbildung 6-4).

Abbildung 6-4: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 004



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Auch der letzte Indikator, *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)*, wurde für das Teilgebiet 004 als günstig bewertet, da die Fläche des Teilgebiets mit 62.885 km² größer als die für eine günstige Bewertung angesetzten 30 km² ist (BGE 2020m). Dabei wurde nur die Gesamtfläche des Teilgebiets berücksichtigt. Die Anwendung ist nachvollziehbar, jedoch sollte im Fall der erneuten Anwendung der geoWK jedes Segment eines Teilgebietes individuell bewertet werden. In diesem Zusammenhang ist zu erwarten, dass die Bewertung der Indikatoren für einzelne Segmente ggf. nur noch bedingt günstig oder sogar ungünstig ausfallen könnte.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als günstig bewertet.

Der Indikator *Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)* wird von der BGE als günstig bewertet, obwohl die Lage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs noch nicht bekannt sei und die Fazies³⁷ im identifizierten Gebiet wechseln könne (BGE 2020m). Dennoch werde angenommen, dass ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich in regional einheitlichen Gesteinstypen gefunden werden könne. Es ist nachvollziehbar, dass dieser Indikator aufgrund der Datenlage, die für den Zwischenbericht Teilgebiete zur Verfügung steht, noch nicht individuell bewertet werden kann. Eine so generische Bewertung, wie sie für das Teilgebiet 004 vorgenommen wird, könnte jedoch in den Referenzdatensatz aufgenommen werden. Eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) ist nicht erkennbar.

Der Indikator *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* könne im identifizierten Gebiet jede mögliche Form annehmen (BGE 2020m). Dennoch wird angenommen, „dass ein weitgehend ungestörter einschlusswirksamer Gebirgsbereich, auch aufgrund der beträchtlichen Gesamtfläche des identifizierten Gebiets, ausgewiesen werden kann“ (BGE 2020m). Ähnlich wie für den ersten Indikator muss festgehalten werden, dass es sich nicht um eine individuelle, sondern um eine generische Bewertung auf Grundlage sehr allgemeiner Annahmen handelt. Die Methodik ist nachvollziehbar angesichts der Datengrundlage, könnte jedoch auch in den Referenzdatensatz aufgenommen und sollte spätestens nach Abschluss der obertägigen Erkundung anhand realer Daten bewertet werden.

Die günstige Bewertung des Indikators *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich* stützt sich auf die Bildungsbedingungen des Gesteins. Da die Tonsteine des Tertiärs im Zentrum eines Sedimentationsbeckens abgelagert wurden, kann laut BGE davon ausgegangen werden, dass ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich gefunden werden könne, da die Gesteinseigenschaften trotz „einer kontinuierlichen, bekannten räumlichen Veränderung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und deren Eigenschaften“ nur eine geringe Variationsbreite aufweisen würden. Diese Argumentation ist angesichts der Größe des Teilgebiets nachvollziehbar. Eine so generische Bewertung, wie sie an dieser Stelle für das Teilgebiet 004 vorgenommen wird, könnte jedoch in den Referenzdatensatz aufgenommen werden. Eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) ist auch hier nicht erkennbar.

Aus dem gleichen Grund wird der Indikator *Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften* als günstig bewertet. Die Einschätzung ist nachvollziehbar. Auch die Bewertung des letzten Indikators und damit die Bewertung des gesamten Kriteriums ist jedoch in keiner Weise als individuell zu bezeichnen und könnte daher Teil des Referenzdatensatzes sein.

Die ausschließlich generischen Bewertungen seitens der BGE machen eine Einordnung der Ergebnisse und deren Übertragbarkeit auf das Segment des Teilgebietes 004 schwierig. Als einzig individuelle Bewertung kann die Einordnung des Sedimentationsraums des Teilgebietes interpretiert werden. Jedoch ist auch in beckenzentralen Faziesbereichen, wie sie die BGE für das gesamte Teilgebiet annimmt, immer von einer Varianz des Ablagerungsraums und damit von einer zwar

³⁷ Als (Litho-)Fazies wird die Zusammensetzung eines Sedimentgesteins, insbesondere hinsichtlich der Korngröße seiner Bestandteile, bezeichnet. Im Fall von Beckensedimenten wie den tertiären Ablagerungen im Teilgebiet 004 kann zwischen einer feinkörnigen, tonigen Fazies des Beckeninneren und einer gröberen, siltigen oder sandigen Beckenrandfazies unterschieden werden.

geringen, aber dennoch gewissen Variationsbreite der Gesteinseigenschaften auszugehen. Aufgrund der geringen Größe des Segments ist jedoch anzunehmen, dass eine günstige Bewertung der Indikatoren bei individueller Anwendung der geoWK unwahrscheinlicher wird, da fraglich ist, ob die Annahmen der BGE zum Kriterium für das Segment zutreffen.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Das Kriterium und alle Indikatoren wurden als günstig bewertet (BGE 2020m). Nach Anlage 4 zu § 24 StandAG sind sie als günstig zu bewerten, wenn sich die Betrachtungsmerkmale während der vergangenen 10 Millionen Jahre nicht wesentlich verändert haben. Im Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020m) wird ausgeführt, dass „seit dem Tertiär keine wesentlichen Änderungen“ für die drei Indikatoren Mächtigkeit, Ausdehnung und Gebirgsdurchlässigkeit anzunehmen seien. Da das Tertiär erst vor 2,6 Millionen Jahren endete, kann daraus zunächst keine günstige Bewertung der Indikatoren abgeleitet werden. Im Weiteren wird im Steckbrief für alle Indikatoren dargestellt, dass „seit mehr als 10 Millionen Jahren keine wesentliche Änderung“ der jeweils relevanten Betrachtungsmerkmale stattgefunden habe. Diese Einschätzung wird nicht weiter begründet und ist auch dem Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) nicht zu entnehmen.

Diese Vorgehensweise erscheint sehr pauschal, ohne dass die vorgenommene Bewertung nachvollziehbar begründet wird. Die Methodik, die zur Bewertung der Indikatoren und des Kriteriums als günstig führt, ist nicht nachvollziehbar.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wurde nach der Bewertung des am schlechtesten eingestufteten Indikators als bedingt günstig gekennzeichnet. Der Indikator *Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten* wurde als bedingt günstig bewertet. Es existieren Nachweise zu atektonischen Strukturen und Störungen, die aber aufgrund der schlechten Datenlage nicht hinsichtlich ihrer hydraulischen Wirksamkeit beurteilt werden können (BGE 2020m). Diese Bewertung ist nachvollziehbar.

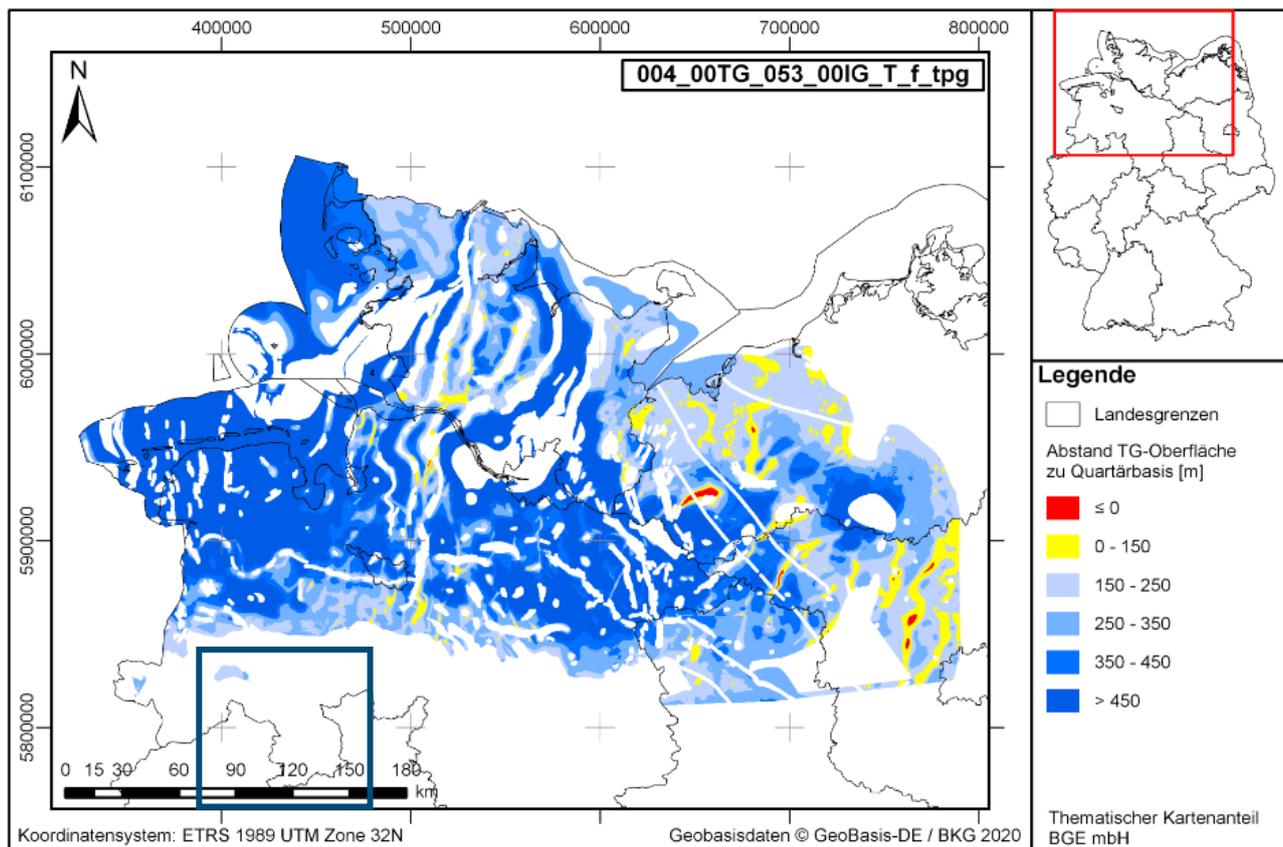
Der Indikator *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge* wird als günstig bewertet. Begründet wird das mit einem Abstand der endlagerrelevanten Gesteine zur Basis des Quartärs von mehr als 150 m für große Teile des Gebiets. Die tertiären Gesteine, aus denen diese Überdeckung aufgebaut ist, werden als potenziell grundwasserhemmend angesehen. Diese Vorgehensweise und Bewertung erscheint unter Berücksichtigung der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) grundsätzlich nachvollziehbar (Abbildung 6-5). Allerdings sollte in weiteren Verfahrensschritt die genaue lithologische Zusammensetzung der Deckgesteine für alle Standortregionen in tertiären Tongesteinen geprüft werden. Die tertiären Sedimente können auch sandig oder siltig ausgebildet sein, wodurch sie unter Umständen nicht grundwasserhemmend wirksam sind.

Entgegen den Ausführungen der BGE lassen die Auswertungen der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen für das Segment des Teilgebietes 004 (Kapitel 5.1) vermuten, dass der Indikator

bei genauerer und detaillierterer Untersuchung in Zukunft als bedingt günstig oder sogar ungünstig bewertet werden könnte, wenn für das im Landkreis Osnabrück liegende Segment die erforderliche Teufenlage nicht erreicht wird.

Auch der Indikator *Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wird als günstig bewertet. Zur Begründung wird ebenfalls auf den Abstand großer Teile des Gebiets von mehr als 150 m zur Quartärbasis verwiesen und die tertiären Deckgesteine als potenziell erosionshemmend bezeichnet. Diese Darstellung erscheint nicht nachvollziehbar. Die Gesteine des Tertiärs in Norddeutschland sind häufig nur schwach verfestigt. Sie werden vielfach von glazialen Rinnen, also Schmelzwasserrinnen, die sich unter den Gletschern der quartären Kaltzeiten gebildet haben, durchzogen. Diese Rinnen erreichen Tiefen von mehreren hundert Metern. Die Einstufung der tertiären Sedimente Norddeutschlands als „erosionshemmend“ sollte überdacht und die Bewertung mindestens zu bedingt günstig angepasst werden.

Abbildung 6-5: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 004



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Nichtsdestotrotz scheint das Segment laut den Ausführungen der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) den Abstand zur Quartärbasis von mindestens 150 m zu erfüllen (Abbildung 6-5). Dagegen stehen unsere Auswertungen der Tiefenbohrungen (Kapitel 5.1), welche wie unter dem Indikator *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge* beschrieben, eher

eine bedingt günstige bis ungünstige Bewertung des Indikators für das im Landkreis Osnabrück liegende Segment vermuten lassen.

6.2 Teilgebiet 005: Tongesteine des Doggers (Mitteljura)

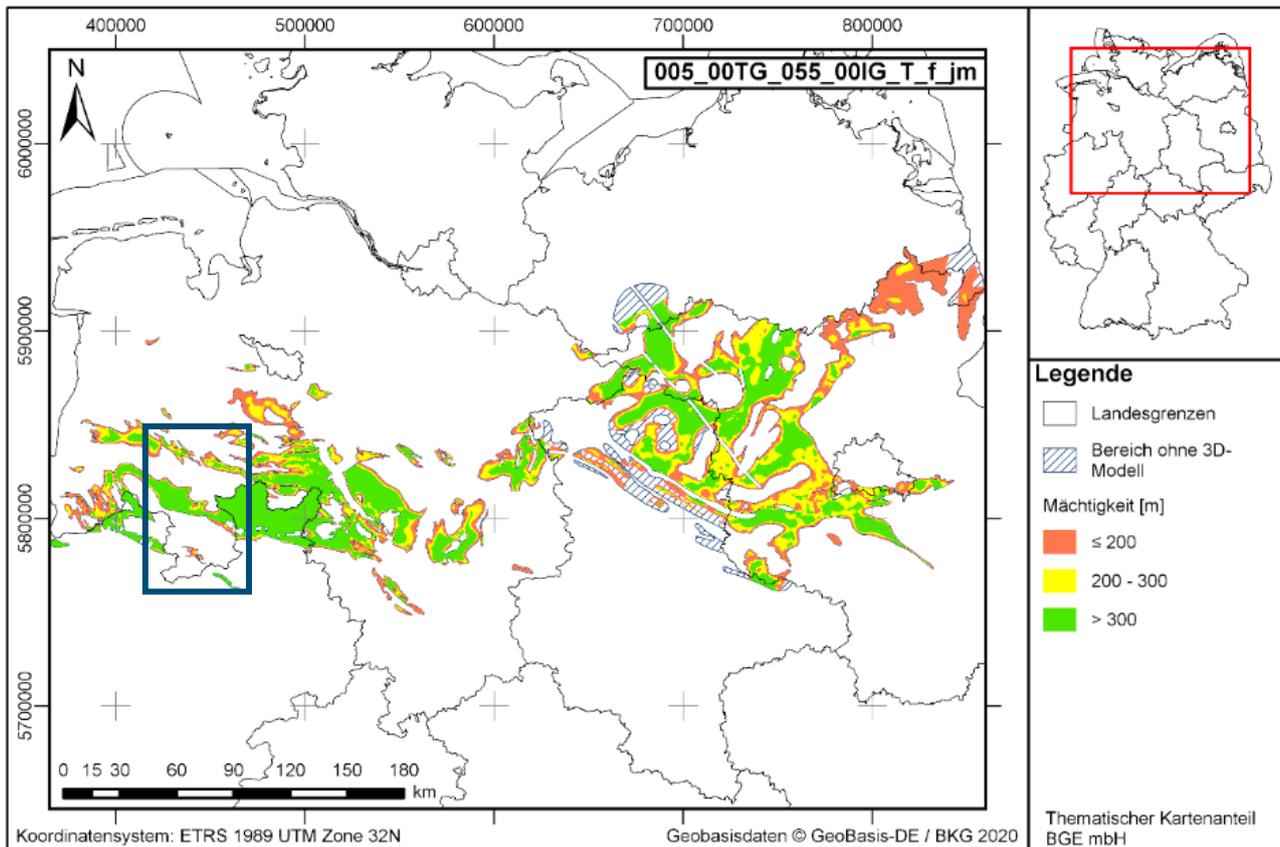
Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet (BGE 2020n). Die Begründung zur Bewertung des Indikators *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können* ist wortgleich mit der Begründung für das Teilgebiet 004 (siehe Kapitel 6.1).

Auch die Darstellung der Bewertung des Indikators *Barrierenmächtigkeit* entspricht weitgehend dem Steckbrief zu Teilgebiet 004. Die maximale Mächtigkeit wird für das Teilgebiet 005 mit 1200 m angegeben. Eine günstige Barrierenmächtigkeit von mehr als 300 m wird für eine Fläche von 7.437 km² angegeben. Es wird ergänzt, dass „für einen Teil des identifizierten Gebietes [...] die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig“ (BGE 2020n) sei. Dieser Teil sei für die Bewertung nicht betrachtet worden und habe daher keinen Einfluss auf die Bewertung. Einen Teil des identifizierten Gebiets bei der Ausweisung als Teilgebiet nicht zu betrachten, bedeutet jedoch auch, dass eine mögliche weniger günstige Bewertung des Indikators und damit auch des Kriteriums nicht ausgeschlossen werden kann. Insofern ist die Methodik in diesem Fall nur bedingt nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen, dass in Teilen einzelner Segmente ausreichend große Flächen bestehen könnten. Diese Bewertung des Indikators *Barrierenmächtigkeit* ist für das gesamte Teilgebiet zum jetzigen Zeitpunkt größtenteils nachvollziehbar (Abbildung 6-6). Allerdings stehen die Kartendarstellungen für die Segmente innerhalb des Landkreises Osnabrück zum Teil im Widerspruch zu unseren Auswertungen der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen, wodurch eine genauere Überprüfung des Indikators im Fall einer erneuten Anwendung der geoWK auf die Segmente des Teilgebietes 005 im Landkreis Osnabrück notwendig wird. Es ist nicht auszuschließen, dass bei erneuter und individueller Anwendung der geoWK auf die einzelnen Segmente der Indikator *Barrierenmächtigkeit* eher nur mit bedingt günstig oder sogar ungünstig bewertet werden könnte.

Abbildung 6-6: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 005.

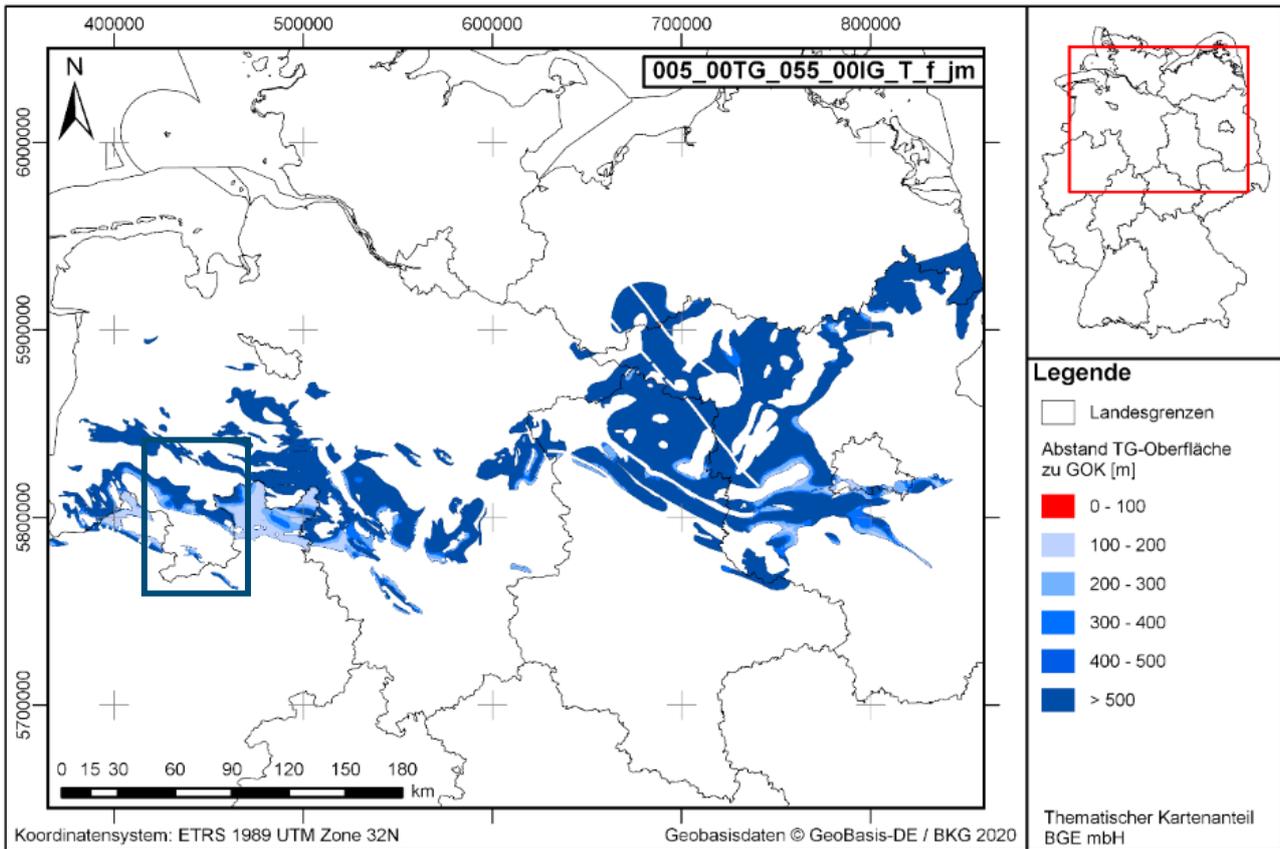


Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Die Indikatoren *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*, *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* und *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)* wurden ebenfalls wortgleich zu Teilgebiet 004 mit günstig bewertet (BGE 2020n). Die Fläche des gesamten Teilgebietes wird mit 18.811 km² angegeben.

Zur Bewertung des Indikators *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* (Abbildung 6-7). zeigen die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021), dass die Basislinie der mitteljurassischen Tongesteinsvorkommen größtenteils unter den geforderten 500 m unter GOK zu liegen scheinen und so wahrscheinlich ausreichend große Flächen in den Segmenten für den Endlagerstandort zur Verfügung stehen würden. Dies betrifft vor allem die Segmente im Norden des Landkreises.

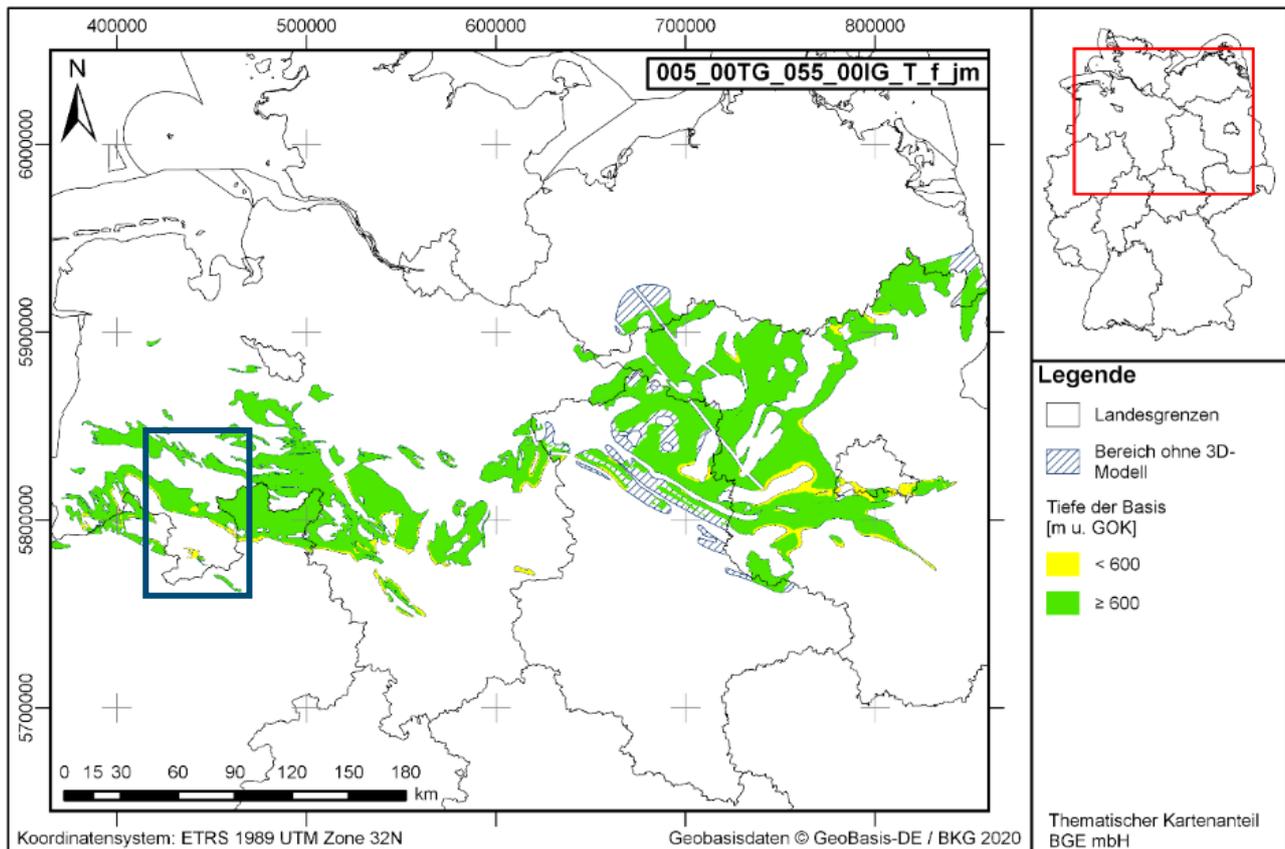
Abbildung 6-7: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 005



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) hinsichtlich der Tiefe der Basis unterstützen die Bewertung des Indikators. Sie zeigt, dass für große Flächen der Segmente des Teilgebietes 005 im Landkreis Osnabrück die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m Tiefe aller Voraussicht nach möglich sein könnte (Abbildung 6-8). Dies betrifft auch hier vor allem die Segmente im Norden des Landkreises.

Abbildung 6-8: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 005



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Die Kartendarstellungen widersprechen in Teilen unseren Auswertungen der Schichtverzeichnisse in Kapitel 5.2. Wie dort ausgeführt, ist aus den Schichtverzeichnissen der Tiefenbohrungen zu entnehmen, dass nicht an allen Lokalitäten und auch nicht flächendeckend Tongesteine des Doggers vorhanden sind oder mit günstigen Mächtigkeiten von 300 m und in günstiger Teufe auftreten. Zwar muss an dieser Stelle angeführt werden, dass die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nicht alle auf der Fläche der Segmente lokalisiert sind, weshalb sich an manchen Stellen nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen lassen. Dennoch deutet unsere Auswertung daraufhin, dass die Bewertung der Indikatoren sowie des Kriteriums möglicherweise nicht auf alle Segmente des Teilgebietes 005 im Landkreis Osnabrück übertragbar ist.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet (BGE 2020n).

Die Bewertung des Indikators *Gesteinsausbildung* wird identisch zu Teilgebiet 004 vorgenommen. Für den Indikator *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* erfolgt die Darstellung der Bewertung wortgleich zu Teilgebiet 004. Somit gilt auch hier, dass eine so generische Bewertung besser in den Referenzdatensatz aufgenommen würde und eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) nicht erkennbar ist.

Zum Indikator *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen* wird dargestellt, dass die Beckenfazies des Norddeutschen Beckens im Mitteljura vorwiegend tonig ausgeprägt sei, so „dass ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit geringen Variationsbreiten der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich identifiziert werden“ (BGE 2020n) könne. Diese Begründung erscheint nachvollziehbar, bezieht sich jedoch wie in den Ausführungen in Teilgebiet 004 auf die gesamte Fläche und kann daher nur als generische Bewertung verstanden werden. Eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) ist auch hier nicht erkennbar.

Wie schon am Teilgebiet 004 erläutert, wird auch für das Teilgebiet 005 der Indikator *Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften* mit der gleichen Begründung nachvollziehbar als günstig bewertet. Die fast kongruente Anwendung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums zur *Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit* für die Teilgebiete 004 und 005 verdeutlicht allerdings noch einmal die Einschätzung, dass es sich hier um eine sehr pauschalisierte Kriterienanwendung handelt und eine Aufnahme in den Referenzdatensatz sinnvoll erscheint.

Die ausschließlich generischen Bewertungen seitens der BGE machen eine Einordnung der Ergebnisse und deren Übertragbarkeit auf das Segment des Teilgebietes 005 schwierig. Als einzig individuelle Bewertung kann die Einordnung des Sedimentationsraums des Teilgebietes interpretiert werden. Jedoch ist auch in beckenzentralen Faziesbereichen, wie sie die BGE für das gesamte Teilgebiet annimmt, immer von einer Varianz des Ablagerungsraums und damit von einer zwar geringen, aber dennoch gewissen Variationsbreite der Gesteinseigenschaften auszugehen. Aufgrund der geringen Größe der Segmente 1, 2 und 4 ist jedoch anzunehmen, dass eine günstige Bewertung der Indikatoren bei individueller Anwendung der geoWK unwahrscheinlicher wird, da fraglich ist, ob die Annahmen der BGE zum Kriterium für die Segmente überhaupt zutreffen. Die generischen Bewertungen der BGE zu den Indikatoren *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen* und *Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften* könnten am ehesten noch auf Segment 3 zu treffen.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

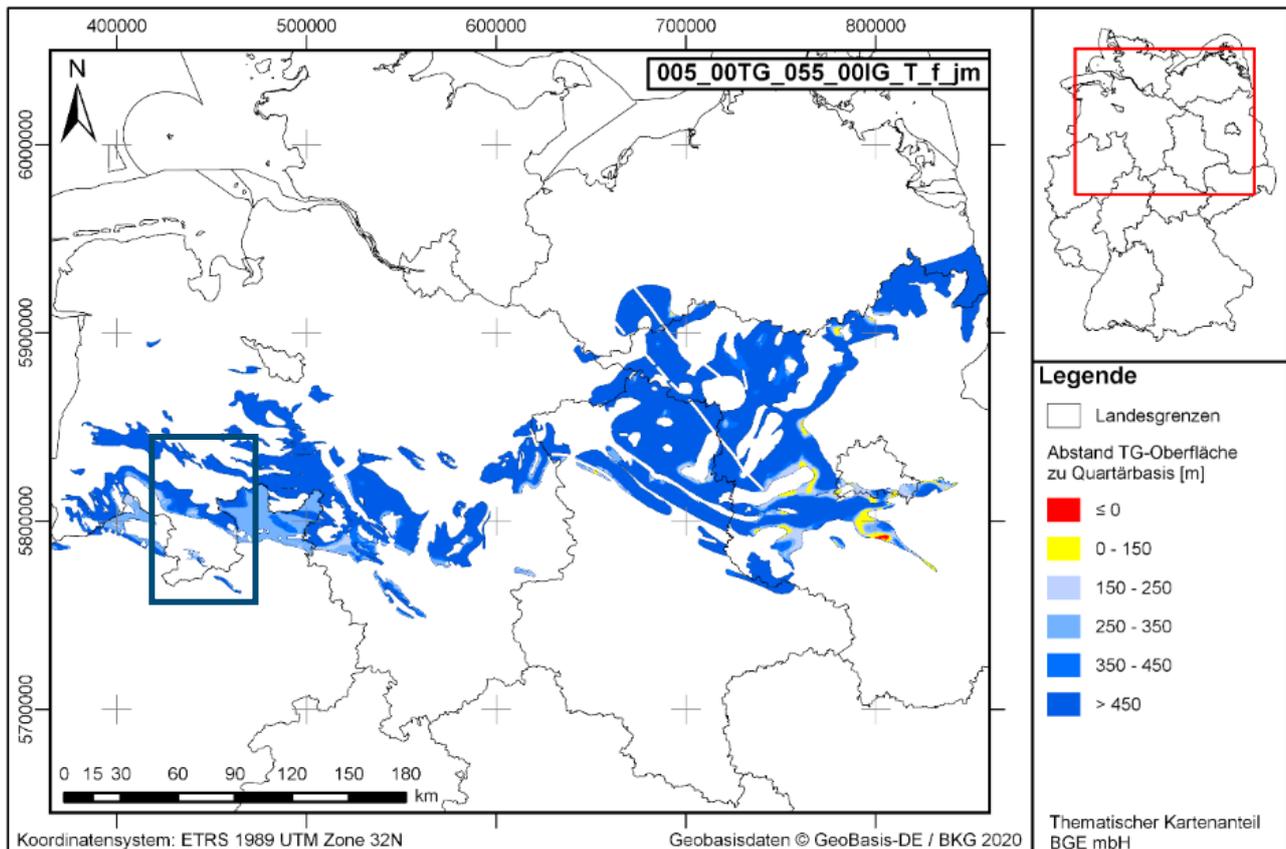
Das Kriterium und alle Indikatoren wurden als günstig bewertet (BGE 2020n). Die Darstellung des Kriteriums mit Begründung und Bewertung der Indikatoren erfolgte wortgleich zu Teilgebiet 004. Wie oben dargestellt (Kapitel 6.1), erscheint die Methodik sehr pauschal und nicht nachvollziehbar.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wurde nach der Bewertung des am schlechtesten eingestufteten Indikators als bedingt günstig gekennzeichnet. Die Darstellung im Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020n) ist weitgehend wortgleich mit dem Steckbrief zum Teilgebiet 004. Auch die Bewertung der Indikatoren ist identisch. Für die Indikatoren *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen*, *Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge* und *Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wird jeweils, analog zum Indikator *Barrierenmächtigkeit* des Kriteriums zur *Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper* ergänzt, dass für einen Teil des Gebiets die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig sei, dieser Teil nicht betrachtet werde und daher keine Einfluss auf die Bewertung habe.

Aufgrund der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) ist die Bewertung des Indikators *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen* größtenteils nachvollziehbar (Abbildung 6-9). Die Kartendarstellungen lassen vermuten, dass ausreichend große Teile der Segmente des Teilgebietes 005 im Landkreis Osnabrück den Mindestabstand von 150 m zur Quartärbasis erfüllen. Dies betrifft vor allem die Segmente im Norden des Landkreises.

Abbildung 6-9: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 005



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Da für die beiden Teilgebiete 004 und 005 in den IG-Steckbriefen identische Teufenlagen angegeben werden, kann die zu Teilgebiet 004 getroffene Feststellung hinsichtlich der erosionshemmenden Wirkung tertiärer Deckgesteine auch für die Gesteine des Teilgebiets 005 als gültig betrachtet werden. Wo die Mitteljura-Tongesteine von jüngeren Gesteinen des Juras oder der Kreide überdeckt sind, kann von einem wirksamen Erosionsschutz ausgegangen werden. Stehen, beispielsweise aufgrund tektonischer Störungen, im Hangenden³⁸ des Mitteljura Gesteine des Tertiär oder jünger an, ist deren erosionshemmende Wirkung im weiteren Verfahren standortspezifisch nachzuweisen. Die Bewertung der beiden ersten Indikatoren ist, analog zum Teilgebiet 004, nachvollziehbar.

³⁸ Als Hangendes werden die eine Gesteinseinheit überlagernden Gesteine bezeichnet, als Liegendes die unterlagernden Einheiten

Der Indikator *Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten* wurde, wie auch im Teilgebiet 005, als bedingt günstig bewertet. Es existieren Nachweise zu atektonischen Strukturen und Störungen, die aber aufgrund der schlechten Datenlage nicht hinsichtlich ihrer hydraulischen Wirksamkeit beurteilt werden können (BGE 2020n). Die Bewertung ist grundsätzlich nachvollziehbar.

6.3 Teilgebiet 006: Tongesteine des Lias (Unterjura)

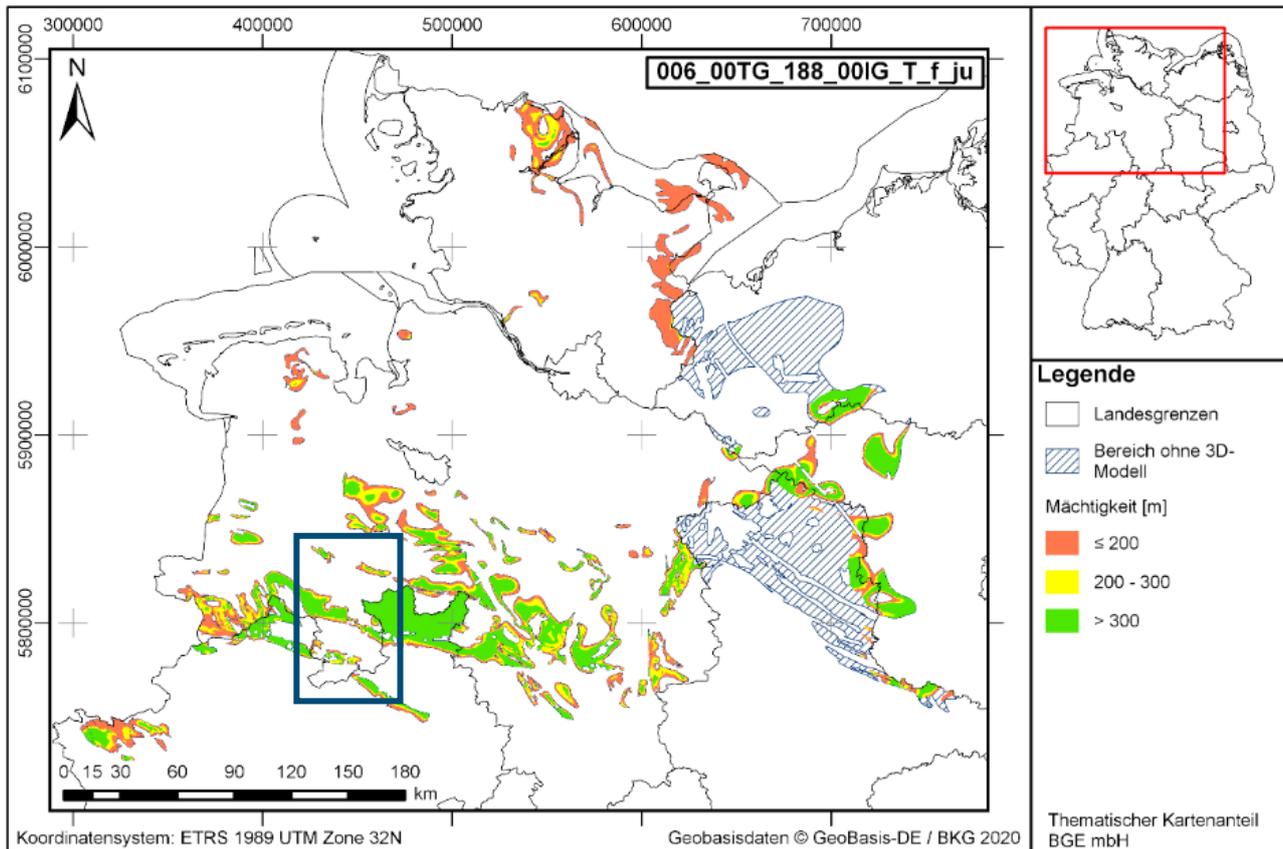
Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet (BGE 2020o). Die Begründung zur Bewertung des Indikators *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können* ist wortgleich mit der Begründung für das Teilgebiet 004 (siehe Kapitel 6.1).

Auch die Darstellung der Bewertung des Indikators *Barrierenmächtigkeit* entspricht weitgehend dem Steckbrief zu Teilgebiet 004. Die maximale Mächtigkeit wird für das Teilgebiet 006 mit 1200 m angegeben. Eine günstige Barrierenmächtigkeit von mehr als 300 m wird für eine Fläche von 4.895 km² angegeben. Es wird ergänzt, dass „für einen Teil des identifizierten Gebietes [...] die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig“ (BGE 2020o) sei. Dieser Teil sei für die Bewertung nicht betrachtet worden und habe daher keinen Einfluss auf die Bewertung. Einen Teil des identifizierten Gebiets bei der Ausweisung als Teilgebiet nicht zu betrachten, bedeutet jedoch auch, dass eine mögliche weniger günstige Bewertung des Indikators und damit auch des Kriteriums nicht ausgeschlossen werden kann. Insofern ist die Methodik in diesem Fall nur bedingt nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen, dass in den Segmenten ausreichende Flächen bestehen könnten. Diese Bewertung des Indikators Barrierenmächtigkeit ist für das gesamte Teilgebiet zum jetzigen Zeitpunkt größtenteils nachvollziehbar (Abbildung 6 10). Allerdings stehen die Kartendarstellungen für die Segmente innerhalb der Stadt und des Landkreises Osnabrück zum Teil im Widerspruch zu unseren Auswertungen der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen, wodurch eine genauere Überprüfung des Indikators im Fall einer erneuten Anwendung der geoWK auf die Segmente des Teilgebietes 005 in Stadt und Landkreis Osnabrück notwendig wird. Es ist nicht auszuschließen, dass bei erneuter und individueller Anwendung der geoWK auf die einzelnen Segmente der Indikator Barrierenmächtigkeit eher nur mit bedingt günstig oder sogar ungünstig bewertet werden könnte. Vor dem Hintergrund, dass „bei wenig, keinen oder nicht eindeutigen Daten [...] stets von einer tendenziell günstigen Annahme ausgegangen“ wird (BGE 2020g), lässt sich die Methodik aufgrund der vorhandenen Datenlage zwar nachvollziehen. Doch aus geologischer Sicht ist es äußerst fraglich, ob die Bewertung der Indikatoren vor dem Hintergrund der lückenhaften Datenlage sinnvoll ist.

Abbildung 6-10: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 006.

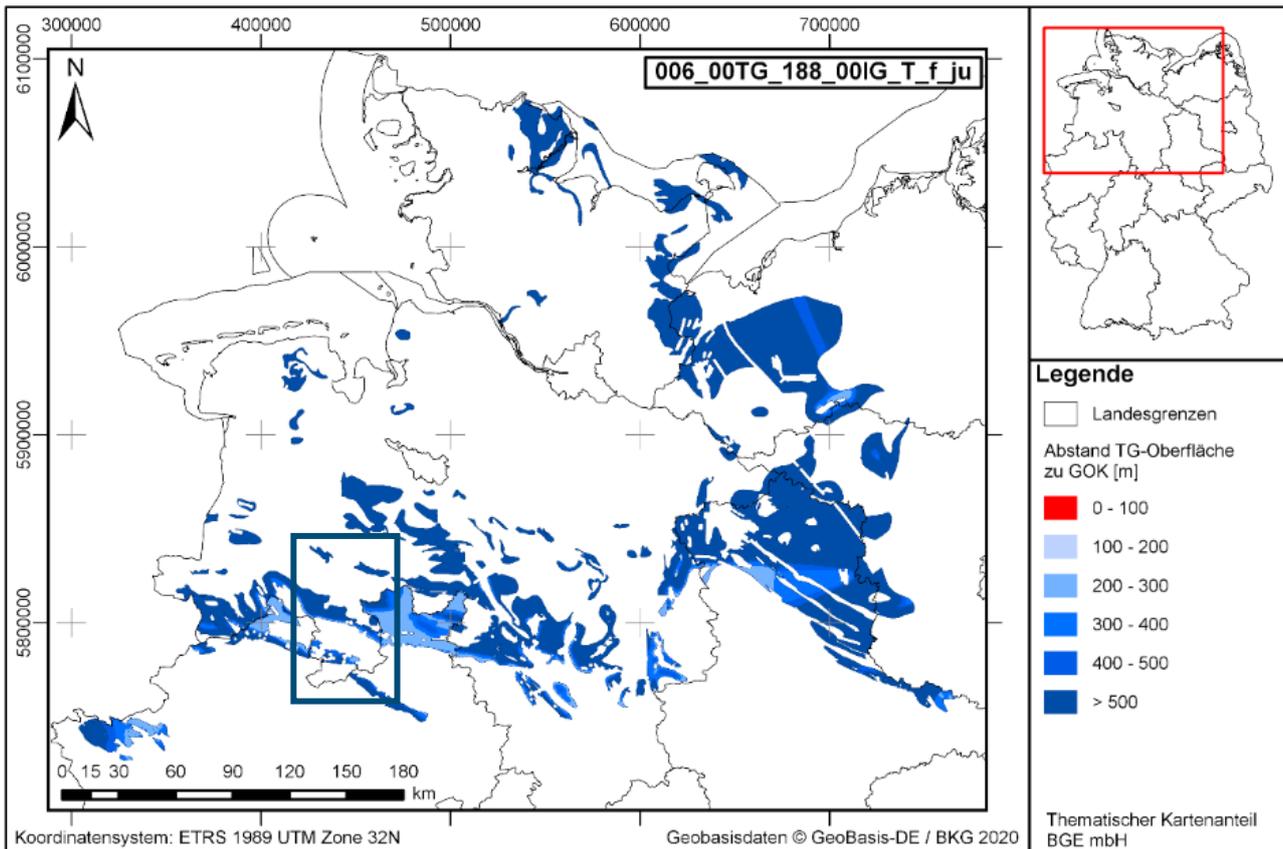


Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Die Indikatoren *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*, *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* und *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs) wurden ebenfalls wortgleich zu Teilgebiet 004 mit günstig bewertet. Die Fläche des gesamten Teilgebietes wird mit 18.564 km² angegeben.

Zur Bewertung des Indikators *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* (Abbildung 6-11) zeigen die ergänzenden Kartendarstellungen, dass die Basislinie der unterjurassischen Tongesteinsvorkommen in Stadt und Landkreis Osnabrück größtenteils unter den geforderten 500 m unter GOK zu liegen scheint (Abbildung 6-11) und so wahrscheinlich ausreichend große Fläche in den Segmenten für den Endlagerstandort zur Verfügung stehen könnte. Dies betrifft vor allem die Segmente im Norden des Landkreises.

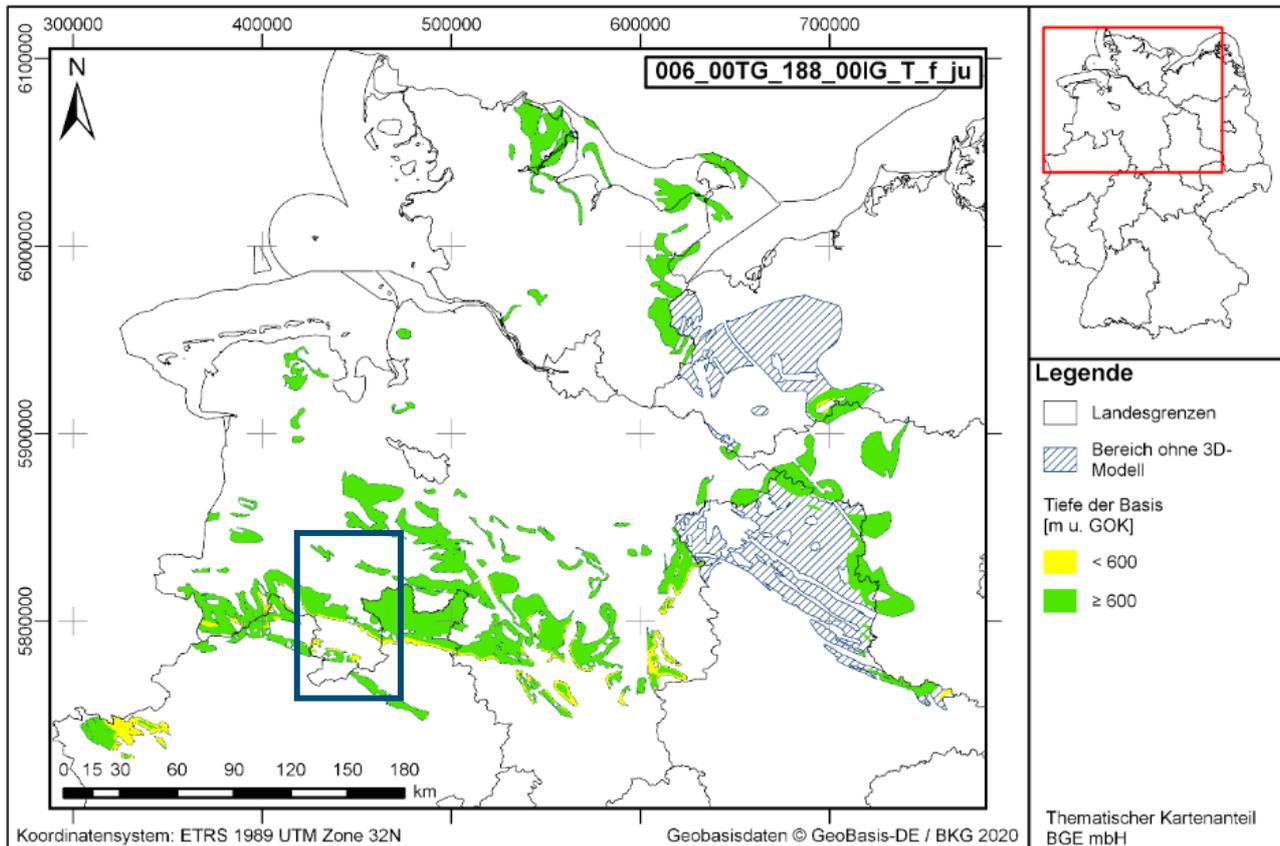
Abbildung 6-11: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 006



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) hinsichtlich der Tiefe der Basis unterstützen die Bewertung des Indikators, wonach für große Flächen der Segmente des Teilgebietes 006 im Landkreis Osnabrück die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m Tiefe aller Voraussicht nach möglich sein könnte (Abbildung 6-12). Dies betrifft auch hier vor allem die Segmente im Norden des Landkreises.

Abbildung 6-12: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 006



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Die Kartendarstellungen widersprechen in Teilen unseren Auswertungen der Schichtverzeichnisse in Kapitel 5.3. Wie dort ausgeführt, ist aus den Schichtverzeichnissen der Tiefenbohrungen zu entnehmen, dass nicht an allen Lokalisationen und nicht flächendeckend Tongesteine des Lias vorhanden sind oder mit günstigen Mächtigkeiten von 300 m und in ausreichender Teufe auftreten. Auch wenn die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen teilweise nur in unmittelbarer Nähe und nicht alle auf der Fläche der Segmente lokalisiert sind und sich deshalb zum Teil nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen lassen, lässt sich aussagen, dass die Bewertung der Indikatoren sowie des Kriteriums möglicherweise nicht auf alle Segmente des Teilgebietes 006 in Stadt und Landkreis Osnabrück übertragbar ist.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet. Die Bewertung des Indikators *Gesteinsausbildung* wird identisch zu Teilgebiet 004 vorgenommen. Für den Indikator *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* erfolgt die Darstellung der Bewertung wortgleich zu Teilgebiet 004. Insofern gilt auch hier, dass eine so generische Bewertung besser in den Referenzdatensatz aufgenommen würde und eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) nicht erkennbar ist.

Zum Indikator *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen* wird dargestellt, dass die Beckenfazies des Norddeutschen Beckens im Unterjura vorwiegend tonig ausgeprägt sei, so „dass ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit geringen Variationsbreiten der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich identifiziert werden“ (BGE 2020o) könne. Diese Begründung erscheint nachvollziehbar, bezieht sich jedoch wie in den Ausführungen in Teilgebiet 004 auf die gesamte Fläche und kann daher nur als generische Bewertung verstanden werden. Eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) ist auch hier nicht erkennbar.

Wie schon am Teilgebiet 004 erläutert, wird auch für das Teilgebiet 006 der Indikator *Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften* mit der gleichen Begründung nachvollziehbar als günstig bewertet. Die fast kongruente Anwendung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums zur *Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit* für die Teilgebiete 004, 005 und 006 verdeutlicht allerdings noch einmal die Einschätzung, dass es sich hier um eine sehr pauschalisierte Kriterienanwendung handelt und eine Aufnahme in den Referenzdatensatz sinnvoll erscheint.

Die ausschließlich generischen Bewertungen seitens der BGE machen eine Einordnung der Ergebnisse und deren Übertragbarkeit auf das Segment des Teilgebietes 006 schwierig. Als einzig individuelle Bewertung kann die Einordnung des Sedimentationsraums des Teilgebietes interpretiert werden. Jedoch ist auch in beckenzentralen Faziesbereichen, wie sie die BGE für das gesamte Teilgebiet annimmt, immer von einer Varianz des Ablagerungsraums und damit von einer geringen Variationsbreite der Gesteinseigenschaften auszugehen. Unter Berücksichtigung der geringen Größe der Segmente 1, 3, 4 und 5 ist jedoch anzunehmen, dass eine günstige Bewertung der Indikatoren bei individueller Anwendung der geoWK unwahrscheinlicher wird, da es fraglich ist, ob die Annahmen der BGE zu den Kriterien zutreffen. Die generischen Bewertungen der BGE zu den Indikatoren *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen* und *Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften* könnten am ehesten noch auf Segment 2 zutreffen.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

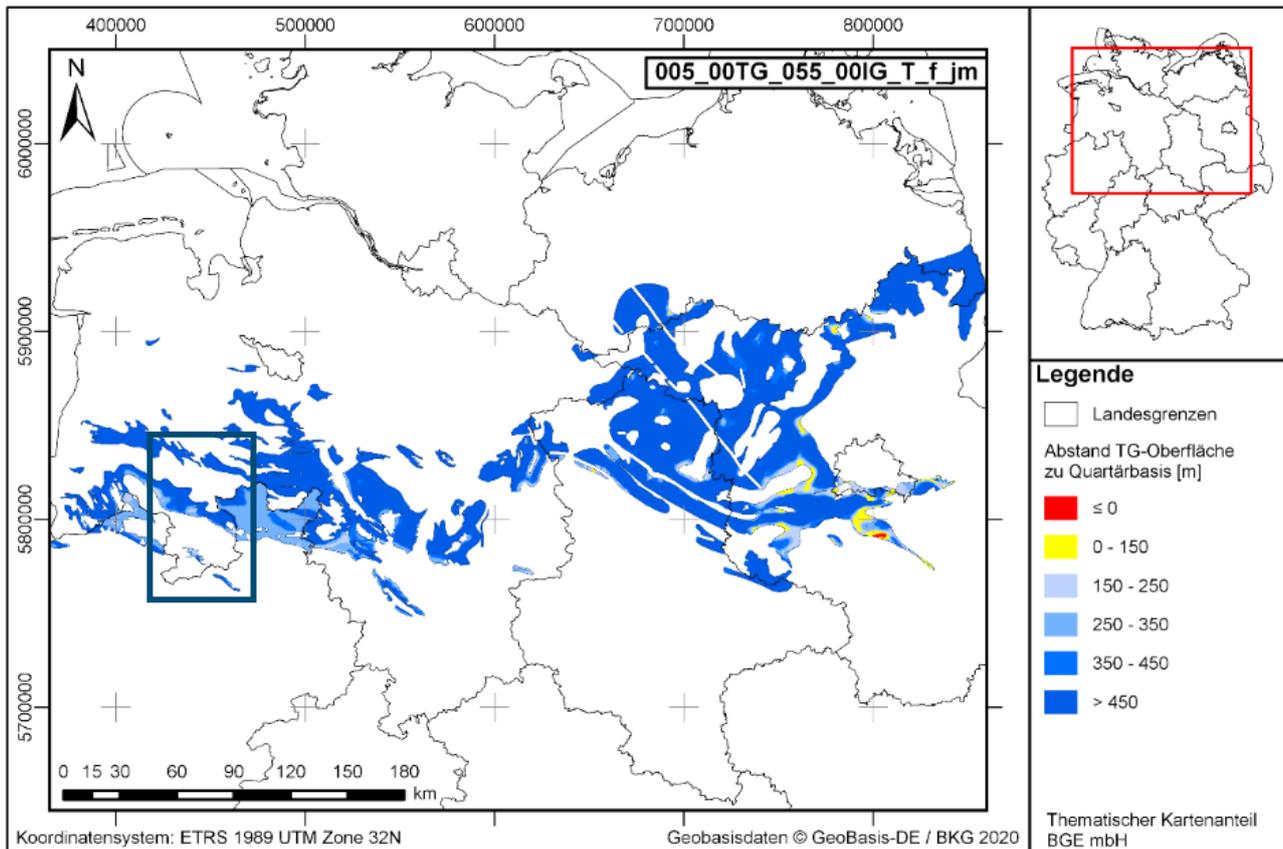
Das Kriterium und alle Indikatoren wurden als günstig bewertet. Die Darstellung des Kriteriums mit Begründung und Bewertung der Indikatoren erfolgte wortgleich zu Teilgebiet 004. Wie oben dargestellt (Kapitel 6.1), erscheint die Methodik sehr pauschal und nicht nachvollziehbar.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wurde nach der Bewertung des am schlechtesten eingestuften Indikators als bedingt günstig gekennzeichnet. Die Darstellung im Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020o) ist weitgehend wortgleich mit dem Steckbrief zum Teilgebiet 004. Auch die Bewertung der Indikatoren ist identisch. Für die Indikatoren *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen*, *Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge* und *Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wird jeweils, analog zum Indikator *Barrierenmächtigkeit* des Kriteriums zur *Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper* ergänzt, dass für einen Teil des Gebiets die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig sei, dieser Teil nicht betrachtet werde und daher keine Einfluss auf die Bewertung habe.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) weisen darauf hin, dass die Bewertung des Indikators *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen* größtenteils nachvollziehbar ist (Abbildung 6-13). Die Kartendarstellungen lassen vermuten, dass ausreichend große Teile der Segmente des Teilgebietes 006 in Stadt und Landkreis Osnabrück den Mindestabstand von 150 m zur Quartärbasis erfüllen. Dies betrifft vor allem die Segmente im Norden des Landkreises.

Abbildung 6-13: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 006



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Da für die beiden Teilgebiete 004 und 006 in den IG-Steckbriefen identische Teufenlagen angegeben werden, kann die zu Teilgebiet 004 getroffene Feststellung hinsichtlich der erosionshemmenden Wirkung tertiärer Deckgesteine auch für die Gesteine des Teilgebiets 006 als gültig betrachtet werden. Wo die Unterjura-Tongesteine von jüngeren Gesteinen des Juras oder der Kreide überdeckt sind, kann von einem wirksamen Erosionsschutz ausgegangen werden. Stehen, beispielsweise aufgrund tektonischer Störungen, im Hangenden des Unterjura Gesteine des Tertiär oder jünger an, ist deren erosionshemmende Wirkung im weiteren Verfahren standortspezifisch nachzuweisen. Die Bewertung der beiden ersten Indikatoren ist, analog zum Teilgebiet 004, nachvollziehbar.

Der Indikator *Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten* wurde, wie auch im Teilgebiet 004,

als bedingt günstig bewertet. Es existieren Nachweise zu atektonischen Strukturen und Störungen, die aber aufgrund der schlechten Datenlage nicht hinsichtlich ihrer hydraulischen Wirksamkeit beurteilt werden können (BGE 2020o). Die Bewertung ist grundsätzlich nachvollziehbar.

6.4 Teilgebiet 007: Tongesteine der Unterkreide

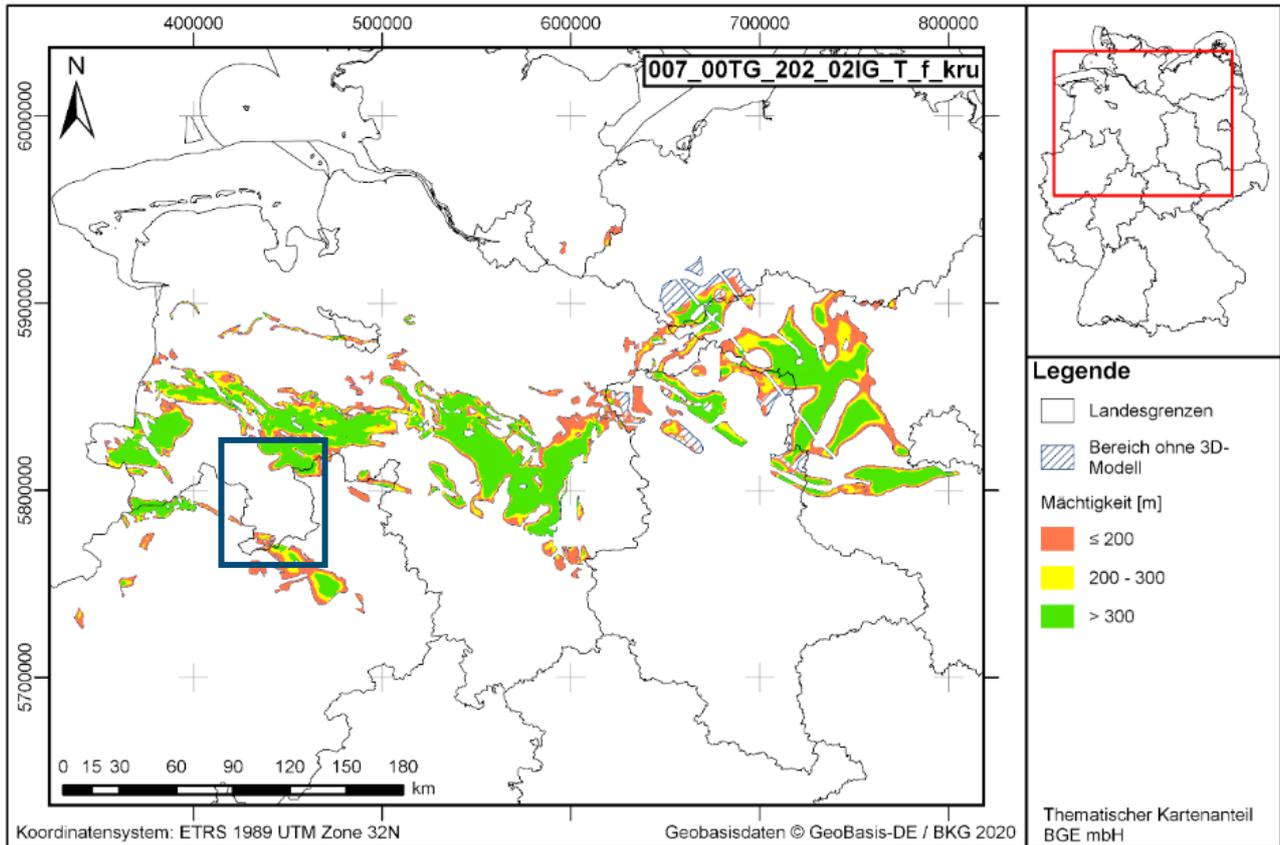
Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet. Die Begründung zur Bewertung des Indikators *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können* ist wortgleich mit der Begründung für das Teilgebiet 004 (siehe Kapitel 6.1).

Auch die Darstellung der Bewertung des Indikators *Barrierenmächtigkeit* entspricht weitgehend dem Steckbrief zu Teilgebiet 004. Die maximale Mächtigkeit wird für das Teilgebiet 007 mit 1200 m angegeben (BGE 2020p). Eine günstige Barrierenmächtigkeit von mehr als 300 m wird für eine Fläche von 7.183 km² angegeben. Es wird ergänzt, dass „für einen Teil des identifizierten Gebietes [...] die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig“ (BGE 2020p) sei. Dieser Teil sei für die Bewertung nicht betrachtet worden und habe daher keinen Einfluss auf die Bewertung. Einen Teil des identifizierten Gebiets bei der Ausweisung als Teilgebiet nicht zu betrachten, bedeutet jedoch auch, dass eine mögliche weniger günstige Bewertung des Indikators und damit auch des Kriteriums nicht ausgeschlossen werden kann. Insofern ist die Methodik in diesem Fall nur bedingt nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen vor allem in den nördlichen Segmenten, dass ausreichend große Flächen bestehen könnten (Abbildung 6-14). Allerdings stehen die Kartendarstellungen zum Teil im Widerspruch zu unseren Auswertungen der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen, wodurch eine genauere Überprüfung des Indikators durch eine individuellere Anwendung der geoWK auf alle Segmente des Teilgebietes 007 im Landkreis Osnabrück notwendig wird. Es ist anzunehmen, dass im Fall einer erneuten Anwendung der geoWK der Indikator *Barrierenmächtigkeit* vor allem für die südlichen Segmente nur mit bedingt günstig oder sogar ungünstig bewertet würde.

Abbildung 6-14: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 007.

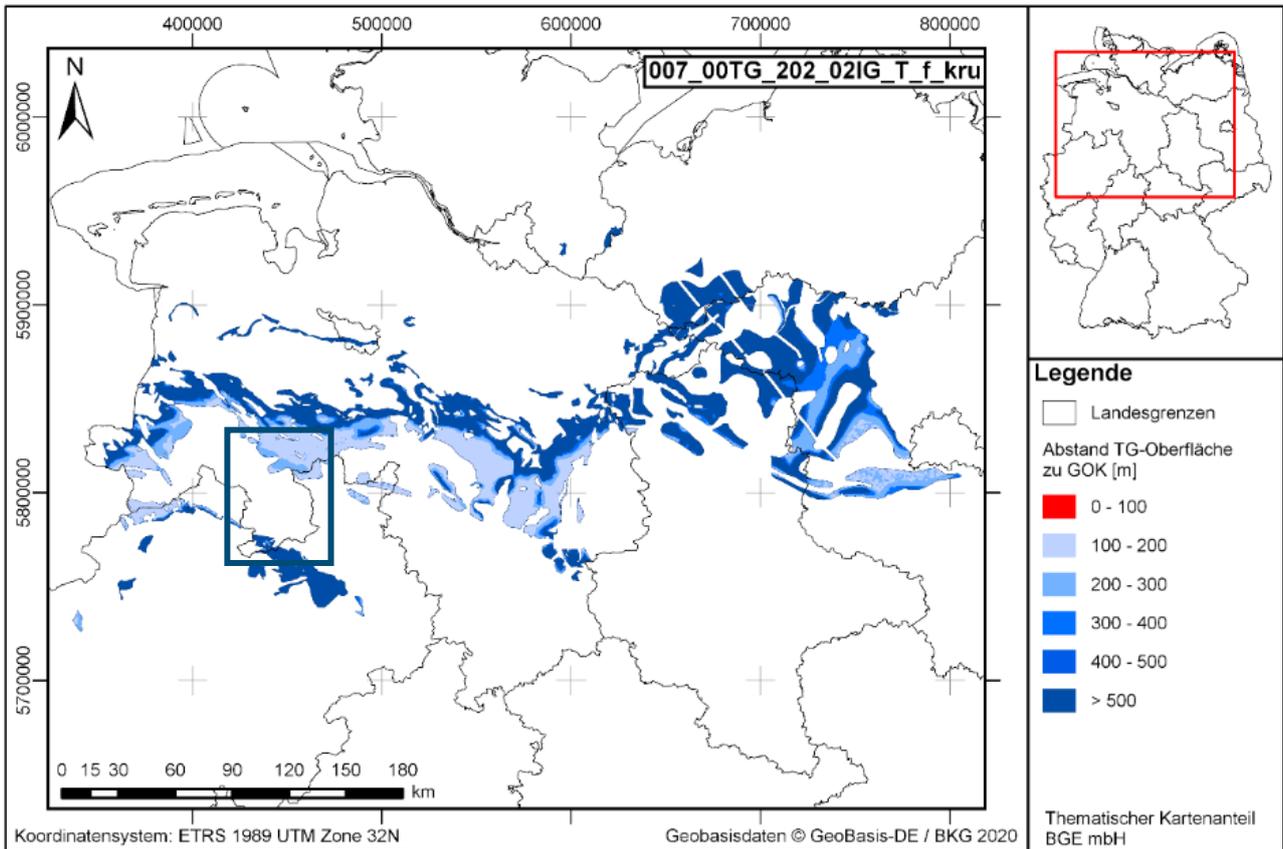


Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Die Indikatoren *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*, *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* und *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)* wurden ebenfalls wortgleich zu Teilgebiet 004 mit günstig bewertet. Die Fläche des gesamten Teilgebietes wird mit 14.914 km² angegeben.

Zur Bewertung des Indikators *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* weisen die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) darauf hin, dass die Basislinie der unterkretazischen Tongesteinsvorkommen nur im Süden des Landkreises Osnabrücks größtenteils unter den geforderten 500 m unter GOK zu liegen scheinen und so wahrscheinlich ausreichend große Flächen in den Segmenten für den Endlagerstandort zur Verfügung stehen würde (Abbildung 6-15). In den nördlichen Segmenten trifft dies nicht zu. Dadurch wird eine individuelle Bewertung des Indikators notwendig und die jetzige ist nicht für alle Segmente des Teilgebiets 007 nachvollziehbar.

Abbildung 6-15: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 007

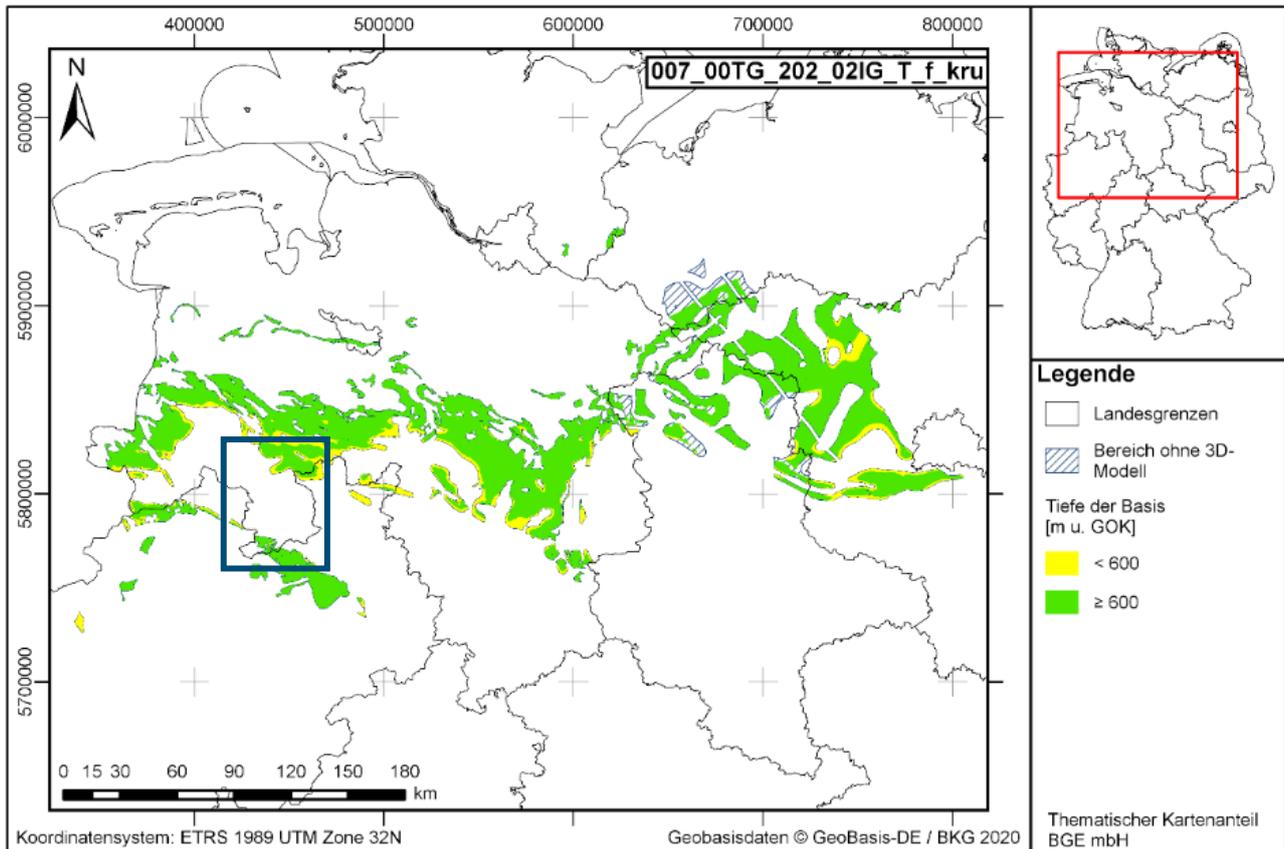


Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) hinsichtlich der Tiefe der Basis unterstützen die günstige Bewertung des Indikators. Sie zeigt, dass für große Flächen der Segmente des Teilgebietes 007 im Landkreis Osnabrück die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m Tiefe aller Voraussicht nach möglich sein könnte (Abbildung 6-16).

Die Kartendarstellungen widersprechen jedoch in Teilen unserer Auswertung der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen (Kapitel 5.4).

Abbildung 6-16: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 007



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Wie in Kapitel 5.4 ausgeführt, ist zum Beispiel aus den Schichtverzeichnissen der Tiefenbohrungen zu entnehmen, dass nicht an allen Lokalisationen und nicht flächendeckend Tongesteine der Unterkreide vorhanden sind oder mit günstigen Mächtigkeiten von 300 m und in ausreichender Teufe auftreten. Zwar muss an dieser Stelle angeführt werden, dass die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen alle in unmittelbarer Nähe, aber dennoch nicht alle auf der Fläche der Segmente lokalisiert sind, weshalb sich an manchen Stellen nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen lassen. Dennoch lässt sich anhand unserer Auswertungen darauf schließen, dass die Bewertung des Indikators nicht auf alle Segmente des Teilgebietes 007 im Landkreis Osnabrück übertragbar ist. Dies betrifft wahrscheinlich vor allem die Segmente im Süden des Landkreises.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet. Die Bewertung des Indikators *Gesteinsausbildung* wird identisch zu Teilgebiet 004 vorgenommen. Für den Indikator *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* erfolgt die Darstellung der Bewertung wortgleich zu Teilgebiet 004. Somit gilt auch hier, dass eine so generische Bewertung besser in den Referenzdatensatz aufgenommen würde und eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) nicht erkennbar ist.

Zum Indikator *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen* wird dargestellt, dass die Beckenfazies des Norddeutschen Beckens im Unterjura vorwiegend tonig ausgeprägt sei, so „dass ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit geringen Variationsbreiten der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich identifiziert werden“ (BGE 2020p) könne. Diese Begründung erscheint nachvollziehbar, bezieht sich jedoch wie in den Ausführungen in Teilgebiet 004 auf die gesamte Fläche und kann daher nur als generische Bewertung verstanden werden. Eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) ist auch hier nicht erkennbar.

Wie schon am Teilgebiet 004 erläutert, wird auch für das Teilgebiet 007 der Indikator *Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften* mit der gleichen Begründung nachvollziehbar als günstig bewertet. Die fast kongruente Anwendung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums zur *Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit* für die Teilgebiete 004 – 007 verdeutlicht allerdings noch einmal die Einschätzung, dass es sich hier um eine sehr pauschalisierte Kriterienanwendung handelt und eine Aufnahme in den Referenzdatensatz sinnvoll erscheint.

Die ausschließlich generischen Bewertungen seitens der BGE machen eine Einordnung der Ergebnisse und deren Übertragbarkeit auf das Segment des Teilgebietes 007 schwierig. Als einzig individuelle Bewertung kann die Einordnung des Sedimentationsraums des Teilgebietes interpretiert werden. Jedoch ist auch in beckenzentralen Faziesbereichen, wie sie die BGE für das gesamte Teilgebiet annimmt, immer von einer Varianz des Ablagerungsraums und damit von einer geringen Variationsbreite der Gesteinseigenschaften auszugehen. Aufgrund der geringen Größe des Segments ist jedoch anzunehmen, dass eine günstige Bewertung der Indikatoren bei individueller Anwendung der geoWK für dieses Segment unwahrscheinlicher wird, da fraglich ist, ob die Annahmen der BGE zum Kriterium zutreffen. Die generischen Bewertungen der BGE zu den Indikatoren *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen* und *Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften* könnten am ehesten noch auf Segment 2 zutreffen.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

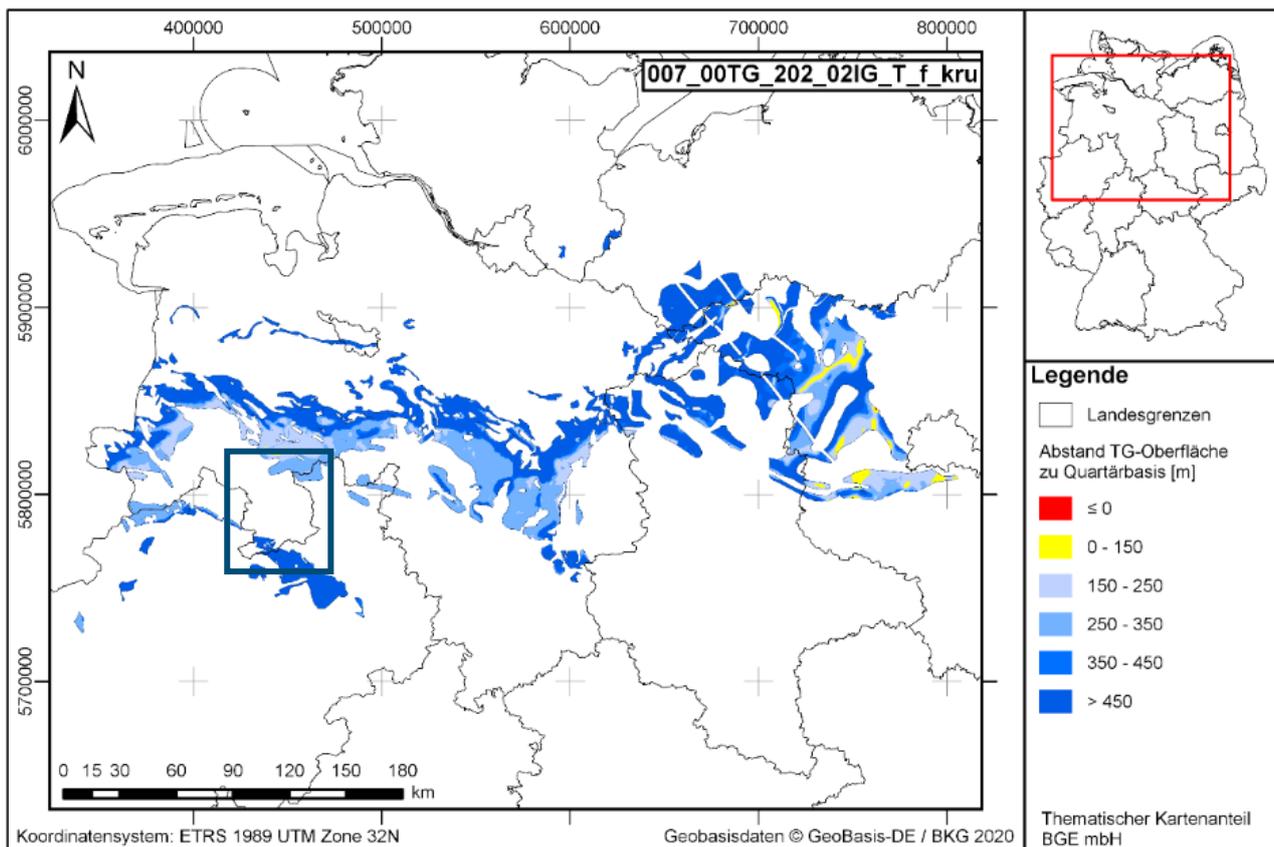
Das Kriterium und alle Indikatoren wurden als günstig bewertet. Die Darstellung des Kriteriums mit Begründung und Bewertung der Indikatoren erfolgte wortgleich zu Teilgebiet 004. Wie oben dargestellt (Kapitel 6.1), erscheint die Methodik sehr pauschal und nicht nachvollziehbar.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wurde nach der Bewertung des am schlechtesten eingestuften Indikators als bedingt günstig gekennzeichnet. Die Darstellung im Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020p) ist weitgehend wortgleich mit dem Steckbrief zum Teilgebiet 004. Auch die Bewertung der Indikatoren ist identisch. Für die Indikatoren *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen*, *Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge* und *Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wird jeweils, analog zum Indikator *Barrierenmächtigkeit* des Kriteriums zur *Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper* ergänzt, dass für einen Teil des Gebiets die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig sei, dieser Teil nicht betrachtet werde und daher keine Einfluss auf die Bewertung habe.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) weisen darauf hin, dass die Bewertung des Indikators *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen* größtenteils nachvollziehbar ist (Abbildung 6-17). Die Kartendarstellungen lassen vermuten, dass ausreichend große Teile der Segmente des Teilgebietes 007 im Landkreis Osnabrück den Mindestabstand von 150 m zur Quartärbasis erfüllen.

Abbildung 6-17: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 007



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Da für die beiden Teilgebiete 004 – 007 in den IG-Steckbriefen identische Teufenlagen angegeben werden, kann die zu Teilgebiet 004 getroffene Feststellung hinsichtlich der erosionshemmenden Wirkung tertiärer Deckgesteine auch für die Gesteine des Teilgebiets 007 als gültig betrachtet werden. Wo die Unterkreide-Tongesteine von jüngeren Gesteinen der Oberkreide überdeckt sind, kann von einem wirksamen Erosionsschutz ausgegangen werden. Stehen, beispielsweise aufgrund tektonischer Störungen, im Hangenden der Unterkreide Gesteine des Tertiär oder jünger an, ist deren erosionshemmende Wirkung im weiteren Verfahren standortspezifisch nachzuweisen. Die Bewertung der beiden ersten Indikatoren ist, analog zum Teilgebiet 004, nachvollziehbar.

Der Indikator *Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten* wurde, wie auch im Teilgebiet 004, als bedingt günstig bewertet. Es existieren Nachweise zu atektonischen Strukturen und Störungen,

die aber aufgrund der schlechten Datenlage nicht hinsichtlich ihrer hydraulischen Wirksamkeit beurteilt werden können (BGE 2020p). Die Bewertung ist grundsätzlich nachvollziehbar.

6.5 Teilgebiet 008_02: Tongesteine der Oberkreide

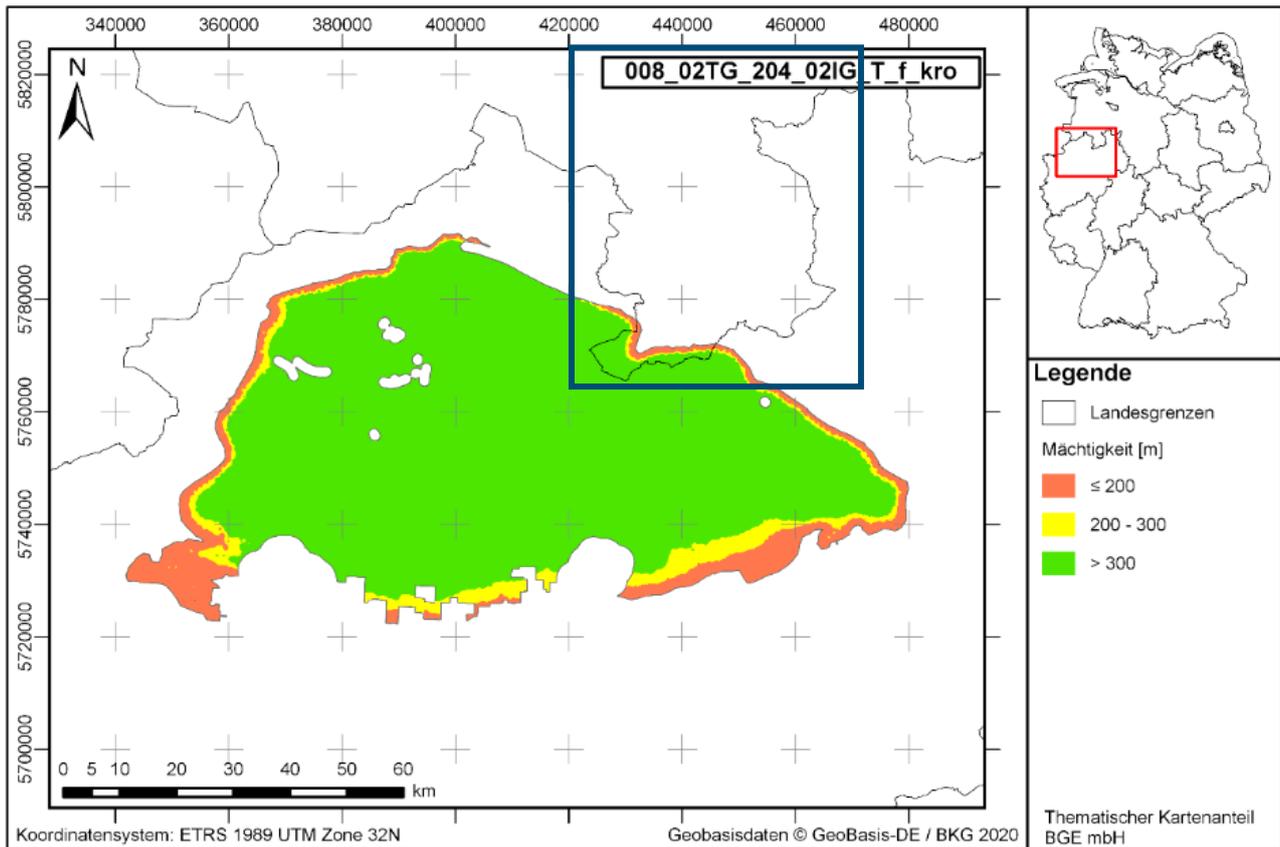
Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet (BGE 2020q). Die Begründung zur Bewertung des Indikators *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können* ist wortgleich mit der Begründung für das Teilgebiet 004 (siehe Kapitel 6.1).

Auch die Darstellung der Bewertung des Indikators *Barrierenmächtigkeit* entspricht weitgehend dem Steckbrief zu Teilgebiet 004. Die maximale Mächtigkeit wird für das Teilgebiet 008_02 mit 1200 m angegeben. Eine günstige Barrierenmächtigkeit von mehr als 300 m wird für eine Fläche von 4.558 km² angegeben. Es wird ergänzt, dass „für einen Teil des identifizierten Gebietes [...] die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig“ (BGE 2020q) sei. Dieser Teil sei für die Bewertung nicht betrachtet worden und habe daher keinen Einfluss auf die Bewertung. Einen Teil des identifizierten Gebiets bei der Ausweisung als Teilgebiet nicht zu betrachten, bedeutet jedoch auch, dass eine mögliche weniger günstige Bewertung des Indikators und damit auch des Kriteriums nicht ausgeschlossen werden kann. Insofern ist die Methodik in diesem Fall nur bedingt nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen, dass ausreichend große Flächen bestehen könnten (Abbildung 6-18). Allerdings stehen die Kartendarstellungen für das Segment innerhalb des Landkreises Osnabrück zum Teil im Widerspruch zu unseren Auswertungen der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen, wodurch eine genauere Überprüfung des Indikators im Fall einer erneuten Anwendung der geoWK auf das Segment des Teilgebietes 008_02 im Landkreis Osnabrück notwendig wird. Es ist anzunehmen, dass bei erneuter und individueller Anwendung der geoWK der Indikator *Barrierenmächtigkeit* nicht auf der gesamten Fläche mit günstig bewertet wird.

Abbildung 6-18: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 008_02.

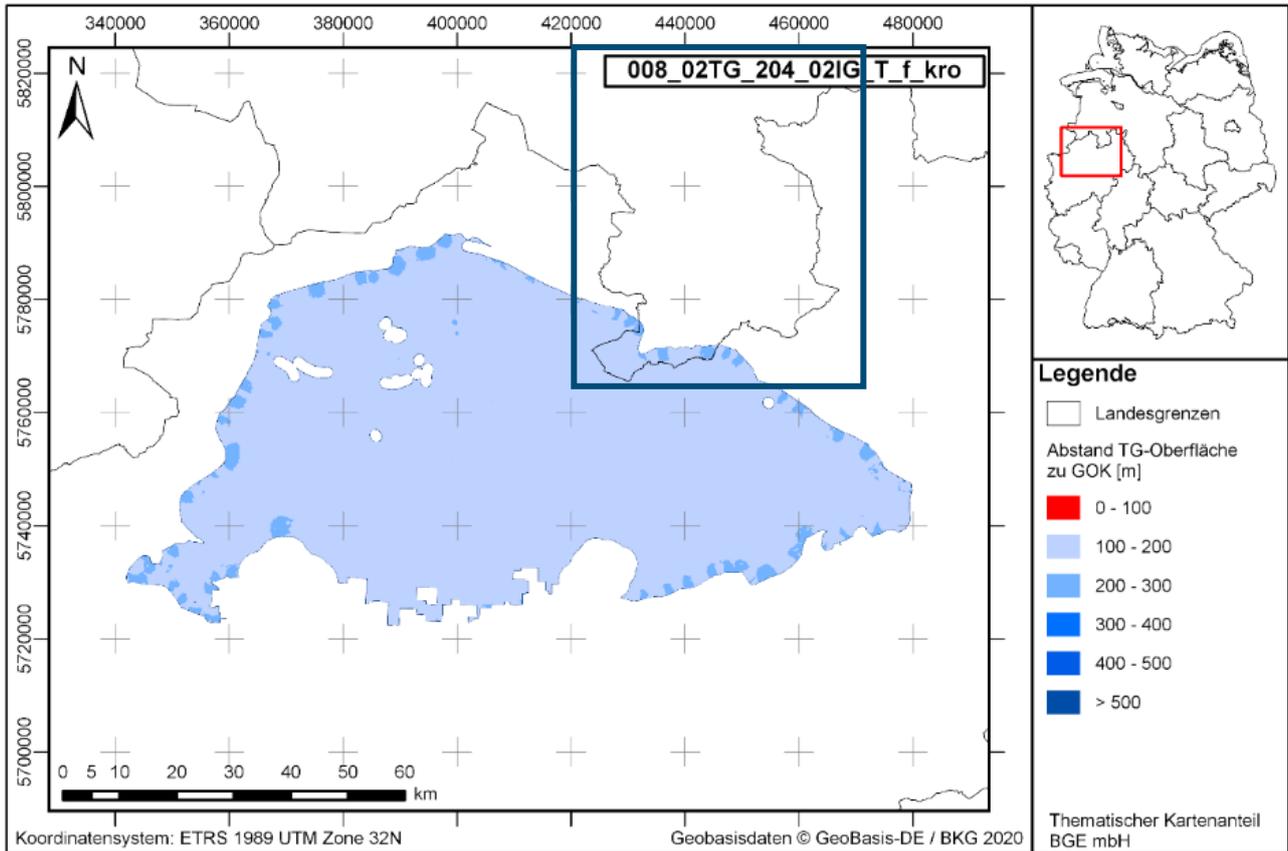


Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Die Indikatoren *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*, *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* und *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)* wurden ebenfalls wortgleich zu Teilgebiet 004 mit günstig bewertet. Die Fläche des gesamten Teilgebietes wird mit 5.332 km² angegeben.

Nach Auswertung der Schichtverzeichnisse in Kapitel 5.5 und den Ausführungen der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) ist anzunehmen, dass die Bewertung des Indikators *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* für das im Landkreis Osnabrück liegende Segment nicht hinreichend ist (Abbildung 6-19). Die Kartendarstellungen zeigen, dass die Basislinie der oberkretazischen Tongesteinsvorkommen im Landkreis Osnabrücks deutlich höher und deutlich oberhalb der geforderten 500 m unter GOK zu liegen scheinen, weshalb der Indikator aller Voraussicht nach im Fall einer erneuten Anwendung für dieses Segment mit nur bedingt günstig oder sogar ungünstig bewertet werden müsste. Die jetzige Einschätzung ist deshalb nur bedingt nachvollziehbar.

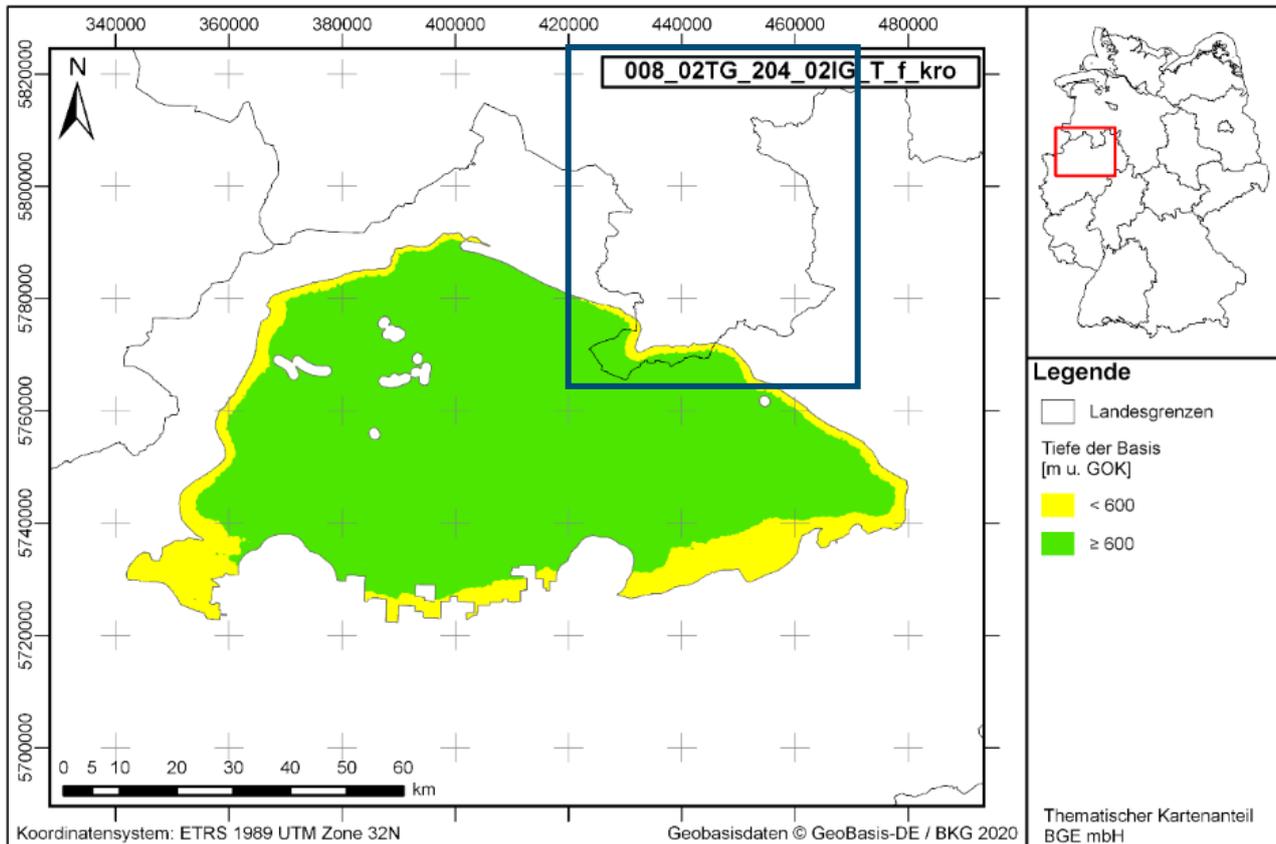
Abbildung 6-19: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 008_02



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) hinsichtlich der Tiefe der Basis unterstützen allerdings die günstige Bewertung des Indikators. Sie zeigt, dass für eine nicht zu vernachlässigende Fläche des Segments des Teilgebietes 008_02 im Landkreis Osnabrück die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m Tiefe aller Voraussicht nach möglich sein könnte (Abbildung 6-20).

Abbildung 6-20: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 008_02



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Die Kartendarstellungen widersprechen in Teilen unseren Auswertungen der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen im Umfeld des Segments (Kapitel 5.5). Wie dort ausgeführt, ist zum Beispiel aus den Schichtverzeichnissen der Tiefenbohrungen zu entnehmen, dass nicht an allen Lokalisationen und nicht flächendeckend Tongesteine der Oberkreide vorhanden sind oder mit günstigen Mächtigkeiten von 300 m und in ausreichender Teufe auftreten. Zwar muss an dieser Stelle angeführt werden, dass die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nicht alle auf der Fläche der Segmente lokalisiert sind, weshalb sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen lassen. Dennoch ist fraglich, ob die Bewertung des Indikators auf die gesamte Fläche des Segments des Teilgebietes 008_02 im Landkreis Osnabrück übertragbar ist. Dies betrifft wahrscheinlich vor allem den nördlichen Rand des Segments.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet. Die Bewertung des Indikators *Gesteinsausbildung* wird identisch zu Teilgebiet 004 vorgenommen. Für den Indikator *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* erfolgt die Darstellung der Bewertung wortgleich zu Teilgebiet 004. Somit gilt auch hier, dass eine so generische Bewertung besser in den Referenzdatensatz aufgenommen würde und eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) nicht erkennbar ist.

Zum Indikator *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen* wird dargestellt, dass gerade die homogene Tonmergelsteinfazies des Emscher-Mergels im Osten des Münsterländer Kreidebeckens nahelegt, „dass ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit geringen Variationsbreiten der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich identifiziert werden“ (BGE 2020q) könne. Diese Begründung erscheint nachvollziehbar. Es gilt jedoch bei individueller Anwendung nachzuweisen, inwieweit Vorkommen des Emscher-Mergels auch im Landkreis Osnabrück auftreten. Daher kann die Bewertung nur als generische Bewertung verstanden werden. Eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) ist auch hier nicht erkennbar.

Wie schon am Teilgebiet 004 erläutert, wird auch für das Teilgebiet 006 der Indikator *Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften* mit der gleichen Begründung nachvollziehbar als günstig bewertet. Die fast kongruente Anwendung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums zur *Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit* für die Teilgebiete 004 – 008 verdeutlicht allerdings noch einmal die Einschätzung, dass es sich hier um eine sehr pauschalisierte Kriterienanwendung handelt und eine Aufnahme in den Referenzdatensatz sinnvoll erscheint.

Die ausschließlich generischen Bewertungen seitens der BGE machen eine Einordnung der Ergebnisse und deren Übertragbarkeit auf die Segmente des Teilgebietes 008_02 schwierig. Als einzig individuelle Bewertung kann die Einordnung des Sedimentationsraums des Teilgebietes interpretiert werden. Jedoch ist auch in beckenzentralen Faziesbereichen, wie sie die BGE für das gesamte Teilgebiet annimmt, immer von einer Varianz des Ablagerungsraums und damit von einer geringen Variationsbreite der Gesteinseigenschaften auszugehen. Aufgrund der geringen Größe des Segmentes von Teilgebiet 008_02 im Landkreis Osnabrück, ist anzunehmen, dass eine günstige Bewertung der Indikatoren bei individueller Anwendung der geoWK unwahrscheinlicher wird, da das Segment den äußersten Randbereich eines größeren Bereichs in Nordrhein-Westfalen darstellt. In Randbereichen sind allgemein größeren Variationsbreiten im Vergleich zu den homogenen beckenzentralen Bereichen zu erwarten. Daher ist es fraglich, ob die Annahmen der BGE zu den Kriterien zutreffen.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

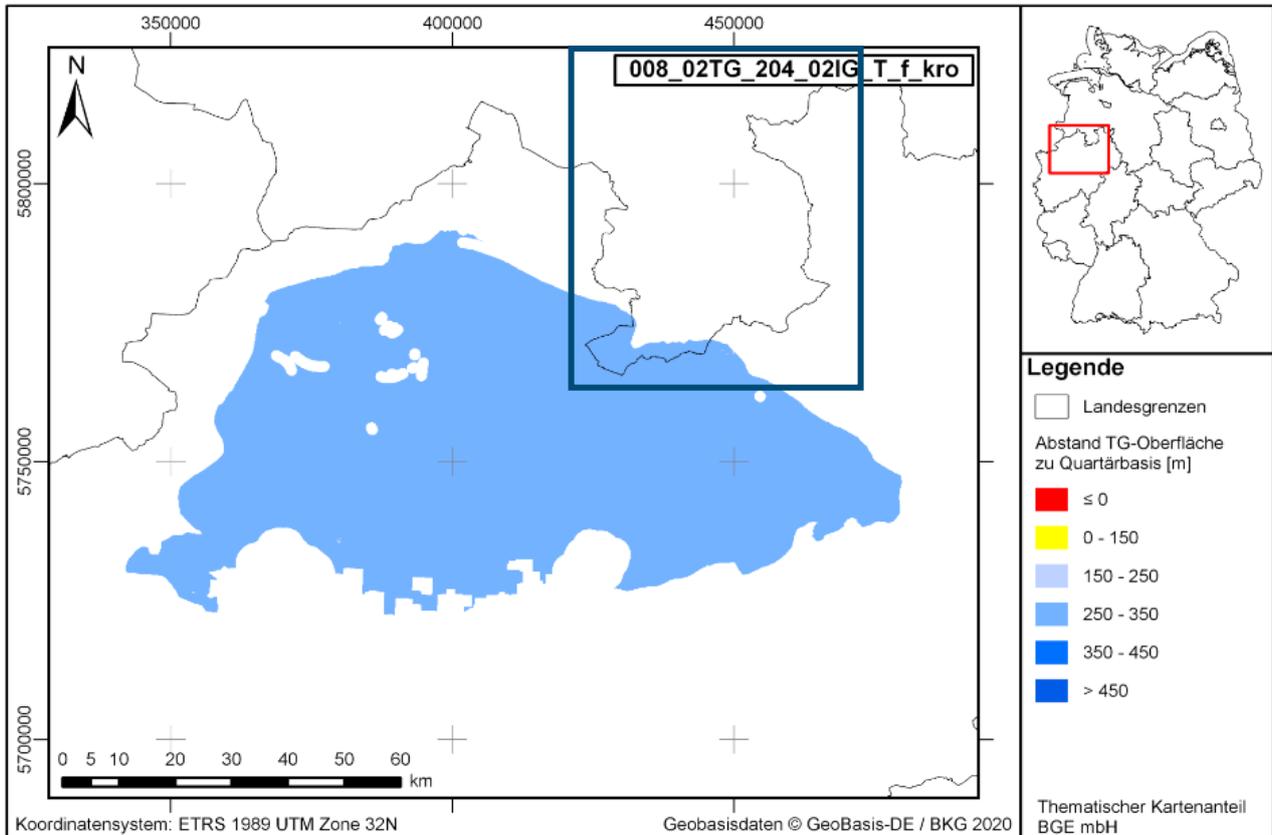
Das Kriterium und alle Indikatoren wurden als günstig bewertet. Die Darstellung des Kriteriums mit Begründung und Bewertung der Indikatoren erfolgte wortgleich zu Teilgebiet 004. Wie oben dargestellt (Kapitel 6.1), erscheint die Methodik sehr pauschal und nicht nachvollziehbar.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wurde nach der Bewertung des am schlechtesten eingestuften Indikators als bedingt günstig gekennzeichnet. Die Darstellung im Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020q) ist weitgehend wortgleich mit dem Steckbrief zum Teilgebiet 004. Auch die Bewertung der Indikatoren ist identisch. Für die Indikatoren *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen*, *Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge* und *Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wird jeweils, analog zum Indikator *Barrierenmächtigkeit des Kriteriums zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper* ergänzt, dass für einen Teil des Gebiets die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig sei, dieser Teil nicht betrachtet werde und daher keinen Einfluss auf die Bewertung habe.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) weisen darauf hin, dass die Bewertung des Indikators *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen* größtenteils nachvollziehbar ist (Abbildung 6-21). Die Kartendarstellungen lassen vermuten, dass ausreichend große Teile des Segments des Teilgebietes 008_02 im Landkreis Osnabrück den Mindestabstand von 150 m zur Quartärbasis erfüllen.

Abbildung 6-21: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 008_02



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Da für die Teilgebiete 004 und 008_02 in den IG-Steckbriefen identische Teufenlagen angegeben werden, kann die zu Teilgebiet 004 getroffene Feststellung hinsichtlich der erosionshemmenden Wirkung tertiärer Deckgesteine auch für die Gesteine des Teilgebiets 008_02 als gültig betrachtet werden. Wo die Oberkreide-Tongesteine von jüngeren Gesteinen des Tertiärs überdeckt sind, kann von einem wirksamen Erosionsschutz ausgegangen werden. Stehen, beispielsweise aufgrund tektonischer Störungen, im Hangenden der Oberkreide Gesteine des Tertiär oder jünger an, ist deren erosionshemmende Wirkung im weiteren Verfahren standortspezifisch nachzuweisen. Die Bewertung der beiden ersten Indikatoren ist, analog zum Teilgebiet 004, nachvollziehbar. Dennoch sollte die Einstufung der tertiären Sedimente Norddeutschlands als erosionshemmend überdacht und die Bewertung unter Umständen zu ungünstig, mindestens aber zu bedingt günstig angepasst werden (vgl. Kapitel 6.1).

Der Indikator *Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder*

mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten wurde, wie auch im Teilgebiet 004, als bedingt günstig bewertet. Es existieren Nachweise zu atektonischen Strukturen und Störungen, die aber aufgrund der schlechten Datenlage nicht hinsichtlich ihrer hydraulischen Wirksamkeit beurteilt werden können (BGE 2020q). Die Bewertung ist grundsätzlich nachvollziehbar.

6.6 Teilgebiet 076_03: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötalinars (oberer Buntsandstein) der Untertrias

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

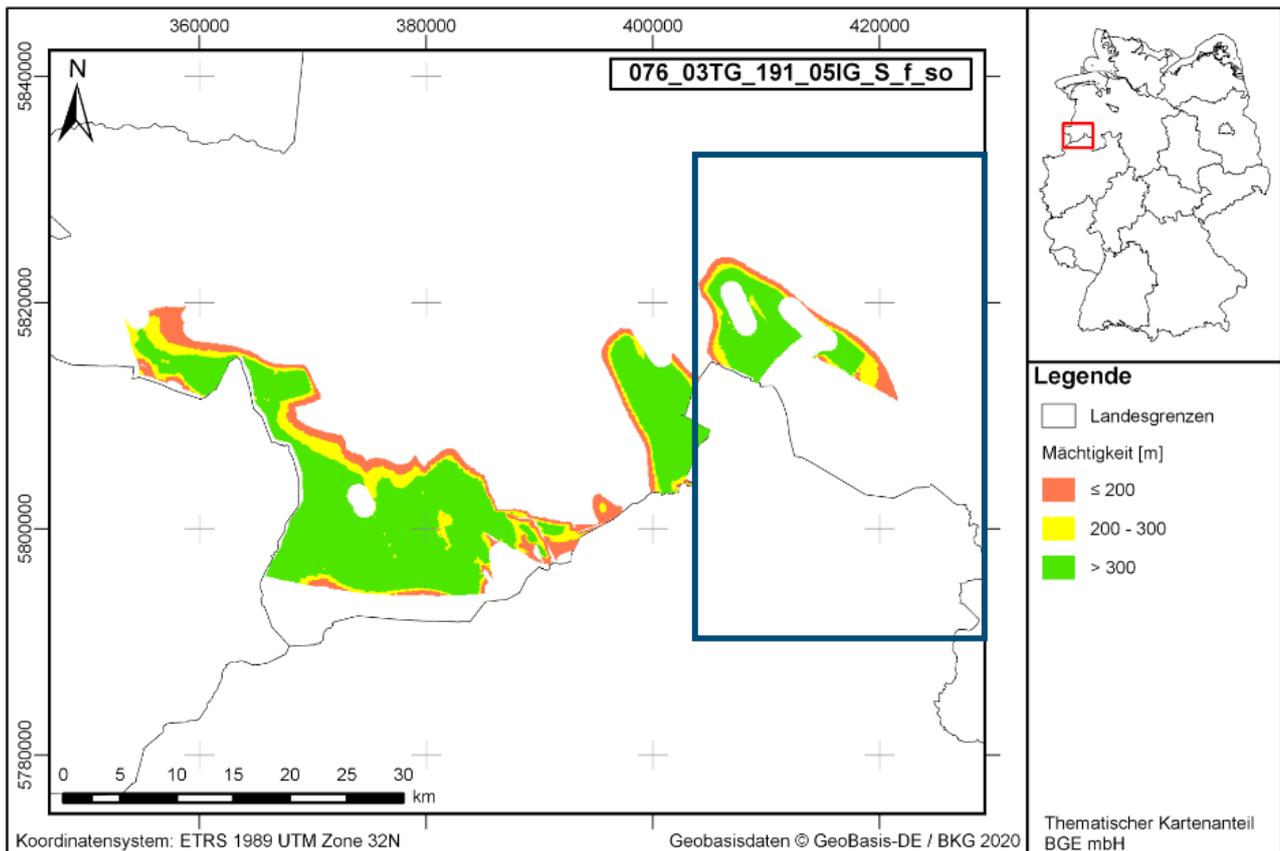
Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als „günstig“ eingestuft. Der Indikator *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können* wird nur für identifizierte Gebiete im Tonstein angewendet.

Der Indikator *Barrierenmächtigkeit* wird mit günstig bewertet, da bei der vorliegenden maximalen Mächtigkeit von 1.010 m eine Fläche von 459 km² mit einer Mächtigkeit von mehr als 300 m ausgewiesen werden kann (BGE 2020r). Als Mindestflächenbedarf werden, wie in Kapitel 6 ausgeführt, 3 km² angenommen. Als günstige Barrierenmächtigkeit wird abweichend von Anlage 2 zu § 24 Abs. 3 StandAG, analog zum Vorgehen in Tongesteinen, eine Mächtigkeit von 300 m angesetzt. Zur Erläuterung siehe Kapitel 6.1. Da zurzeit weder ein Standort noch ein Sicherheitskonzept für das Endlager bekannt sind, ist das Vorgehen bei der Bewertung des Indikators im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar.

Auch die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen, dass in Teilen des Segments ausreichend große Flächen bestehen könnten (Abbildung 6-22). Die Kartendarstellungen stehen damit im Widerspruch zu unseren Auswertungen der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen.

Wie in Kapitel 5.6 ausgeführt, ist zum Beispiel aus den Schichtverzeichnissen der ausgewerteten Tiefenbohrungen zu entnehmen, dass in unmittelbarer Umgebung um das Segment des Teilgebietes 0076_03 Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötalinars nicht mit Mächtigkeiten von 300 m ansteht. Obwohl die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nur am Rand des Segments lokalisiert sind, weshalb sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine innerhalb des Segments treffen lassen, ist es zumindest fraglich, ob das gewünschte Wirtsgestein hier in der notwendigen Mächtigkeit vorliegt. Eine genauere Überprüfung des Indikators durch eine individuellere Anwendung der geoWK auf das Segment des Teilgebietes 0076_03 im Landkreis Osnabrück wäre deshalb notwendig.

Abbildung 6-22: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 076_03.

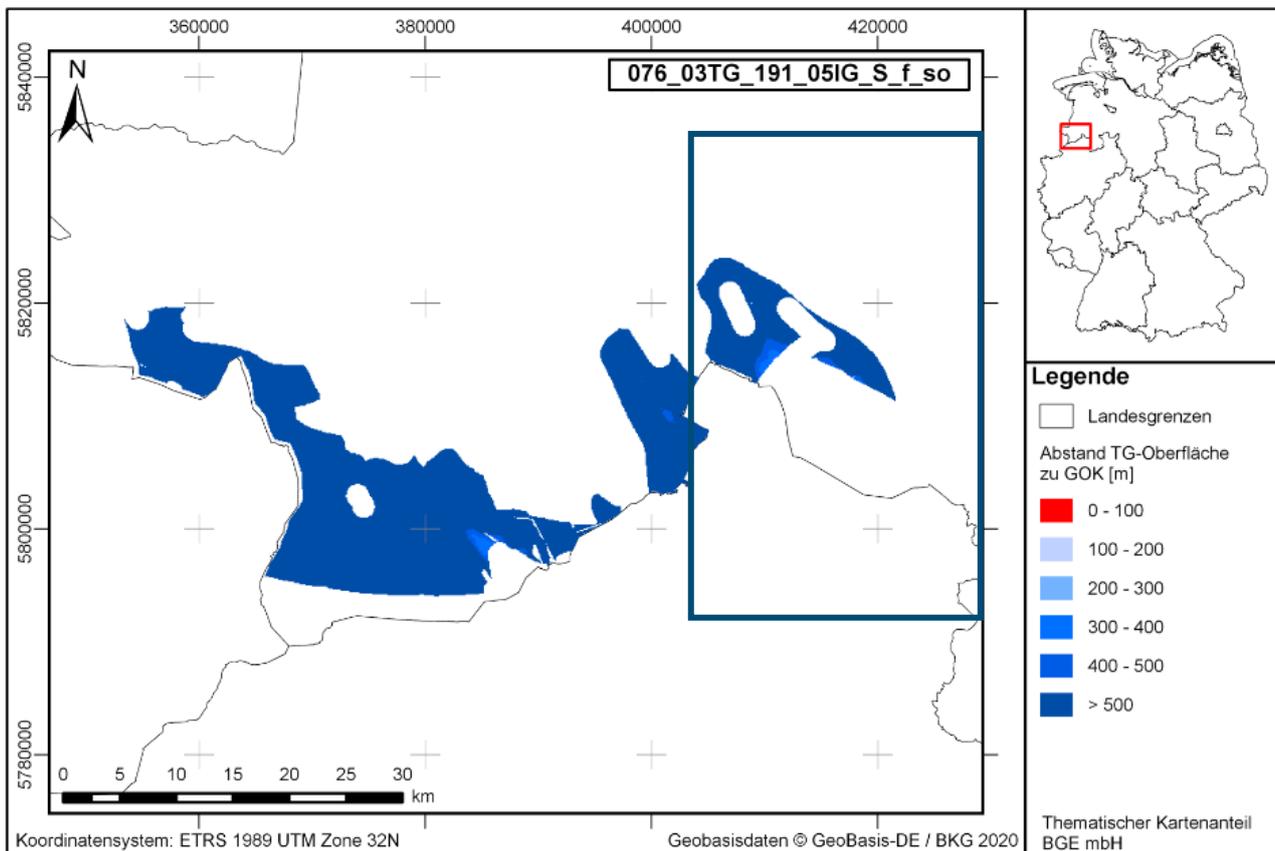


Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Der Indikator *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* wurde für alle Wirtsgesteine, wie in Kapitel 2.3 dargestellt, als günstig bewertet. Dieses Vorgehen ist im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar, stellt jedoch eine sehr starke Vereinfachung dar. Siehe dazu auch Kapitel 6.1.

Zur Bewertung des Indikators *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wird davon ausgegangen, dass innerhalb des identifizierten Gebietes, potenziell ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit einer Mächtigkeit von 100 m in einer Tiefe größer 500 m unter GOK ermittelt werden kann. Daher wird der Indikator als günstig bewertet.

Abbildung 6-23: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 076_03

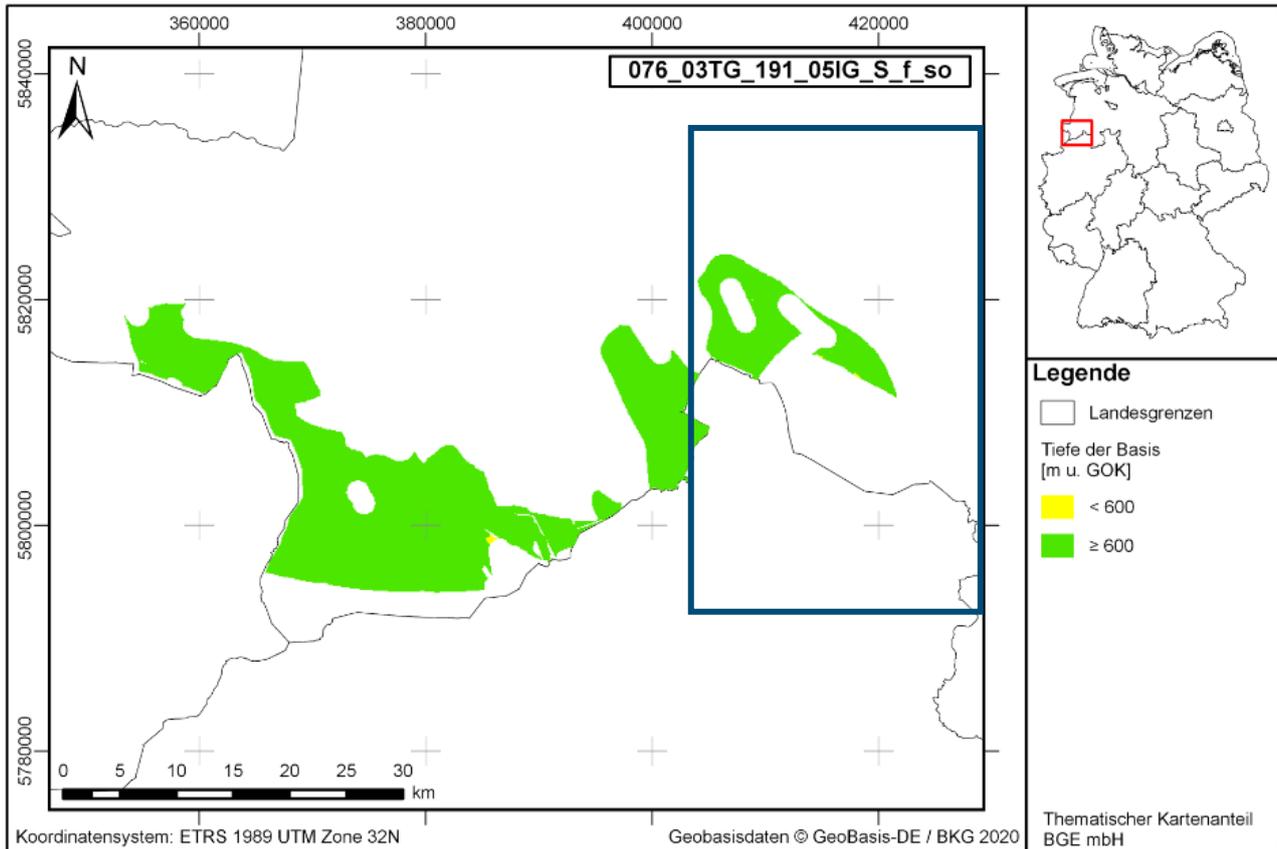


Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Für das Segment des Teilgebiets 076_03 im Landkreis Osnabrück wurde in Kapitel 5.6 an zwei Tiefenbohrungen gezeigt, dass die Basislinie des Rötalinars unterhalb von 500 m unter GOK liegt (Abbildung 6-23). Zwar muss an dieser Stelle angeführt werden, dass die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nur am Rand des Segments lokalisiert sind, weshalb sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen lassen. Doch wird die Annahme auch durch die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) bestätigt (Abbildung 6-23). Die Methodik und die daraus resultierende Bewertung sind nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) hinsichtlich der Tiefe der Basis unterstützen ebenfalls die Bewertung des Indikators. Sie zeigen, dass für eine nicht zu vernachlässigende Fläche des Segments des Teilgebietes 076_03 im Landkreis Osnabrück die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m Tiefe aller Voraussicht nach möglich sein könnte (Abbildung 6-24).

Abbildung 6-24: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 076_03



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Der Indikator *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* wird ebenfalls als günstig eingestuft, da die Fläche des identifizierten Gebietes mit 459 km² deutlich oberhalb des als günstig angenommenen dreifachen Flächenbedarfs (siehe Kapitel 2.3) von 9 km² für einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich liegt. Dabei wurde nur die Gesamtfläche des Teilgebiets berücksichtigt. Die Anwendung ist nachvollziehbar, jedoch sollte im Fall einer erneuten Anwendung der geoWK jedes Segment eines Teilgebietes individuell bewertet werden. In diesem Zusammenhang ist zu erwarten, dass die Bewertung der Indikatoren für ein einzelnes Segment ggf. nur noch bedingt günstig oder sogar ungünstig ausfallen könnte.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Für Gebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung richtet sich die Bewertung des Kriteriums, wie für Gebiete in Tongestein, nach der schlechtesten Bewertung eines Indikators. Alle Indikatoren und das Kriterium wurden für das Teilgebiet 076_03 als günstig bewertet. Wie für Teilgebiete in steil stehenden Salzformationen und in Tongestein erfolgte die Bewertung anhand von Fachliteratur.

Der Indikator *Gesteinsausbildung* wurde als günstig bewertet, da die „horizontale Lagerung von Steinsalz [...] eine gute Vorhersagbarkeit der räumlichen Verteilung von Gesteinstypen“ (BGE 2020r) zulasse. Diese Bewertung kann als nachvollziehbar und plausibel angesehen werden.

Zum Indikator *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* wird ausgeführt, „da es sich um stratiforme Ablagerungen“ handle, sei „ohne gegenteilige Informationen oder Untersuchungen davon auszugehen, dass das identifizierte Gebiet ungestört“ (BGE 2020r) sei. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass „die Auswirkungen der salztektonischen Überprägung des ursprünglichen Gesteinsverbandes in Salzstrukturen [...] differenziert und standortspezifisch zu beurteilen“ (BGE 2020r) seien. Die günstige Bewertung ist nachvollziehbar und sollte aber im Fall einer Ausweisung des Teilgebiets 076_03 als Teiluntersuchungsraum bei erneuter Anwendung standortspezifisch überprüft werden.

Auch für die „genaue Verifizierung“ der *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich* sind „standortspezifische Untersuchungen sowie die Festlegung der räumlichen Lage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs notwendig“ (BGE 2020r). Aufgrund der Datenlage, die für den Zwischenbericht Teilgebiete zur Verfügung steht, wurde angenommen, dass „flächenhaft ausreichend große Bereiche innerhalb des identifizierten Gebiets vorhanden“ (BGE 2020r) seien, die dem Indikator genügen. Daher wurde er als günstig bewertet. Auch diese Bewertung erscheint plausibel und nachvollziehbar.

Das gilt auch für den Indikator *Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften*, der ebenfalls mangels standortspezifischer Informationen und Daten anhand bekannter Informationen zu vergleichbaren Gesteinsabfolgen bewertet wird. Da alle Indikatoren zwar nachvollziehbar, aber mangels standort- oder gebietsspezifischer Informationen nur pauschal bewertet wurden, hätte auch die Bewertung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums 3 für Steinsalz in stratiformer Lagerung in den Referenzdatensatz aufgenommen werden können.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Analog zur Anwendung in Tongesteinen erfolgte die Bewertung des Kriteriums für Steinsalz in stratiformer Lagerung anhand von Fachliteratur. Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als günstig bewertet. Zur detaillierten Begründung der Bewertung wird auf Anhang 5 zum Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) verwiesen. Darin wird im Wesentlichen die Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens grob zusammengefasst.

Nach Anlage 4 zu § 24 Abs. 3 StandAG ist das geowissenschaftliche Abwägungskriterium als günstig zu bewerten, wenn über einen Zeitraum von 10 Millionen Jahren keine Änderung in den Merkmalen der einzelnen Indikatoren aufgetreten ist. Sowohl der Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020r) als auch der Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien setzen sich nicht detailliert mit dieser Anforderung auseinander.

Unter der Annahme, dass die Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens belegt, dass innerhalb der letzten 10 Millionen Jahre im Teilgebiet 076_03 stabile günstige Verhältnisse vorgeherrscht haben, kann die Bewertung als nachvollziehbar angesehen werden. In weiteren Verfahrensschritten muss diese Annahme jedoch durch reale Daten, bspw. durch Datierungen von Mineralneubildungen und -umbildungen in Störungszonen, belegt werden.

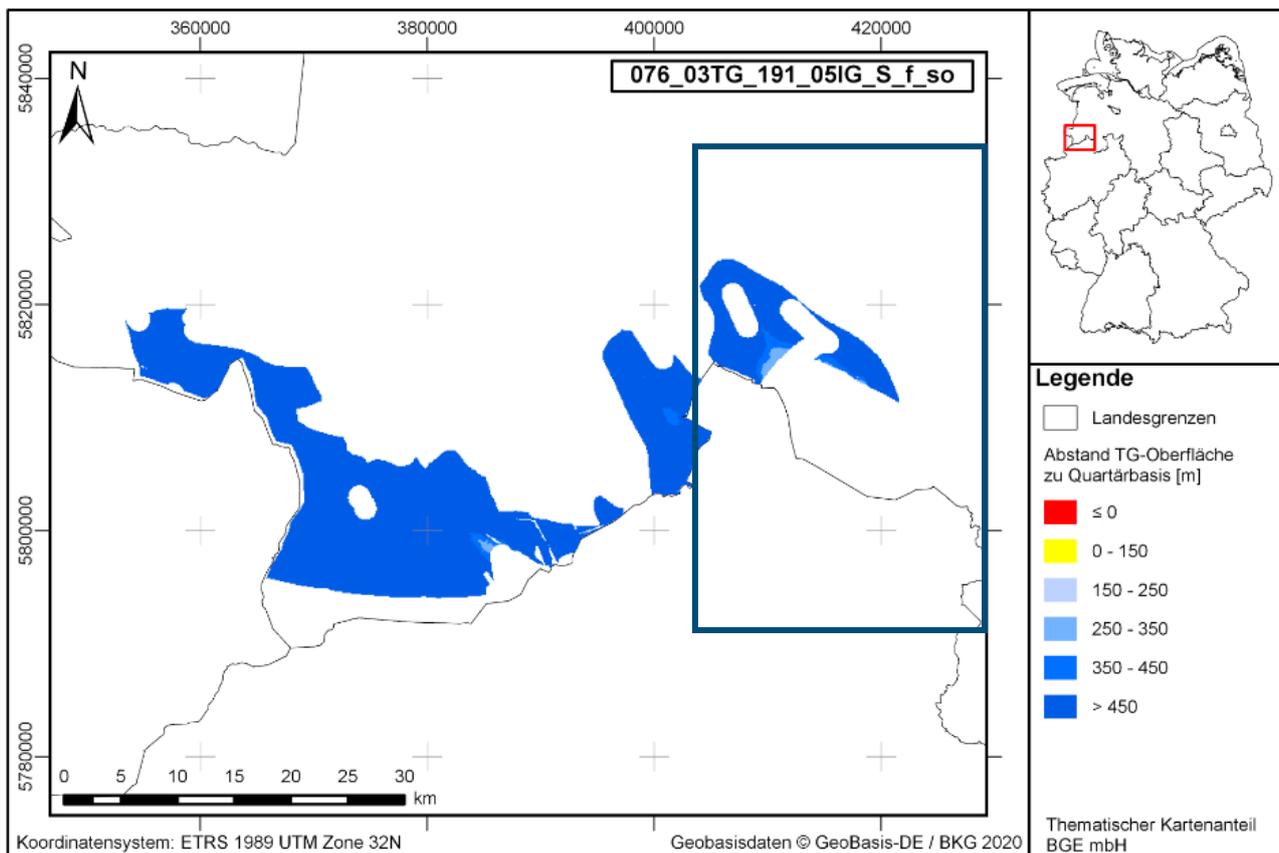
Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wird als bedingt günstig bewertet, da der Indikator *Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus*

denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten als bedingt günstig eingestuft wird. Zur Begründung wird angeführt, dass Nachweise zu Störungen innerhalb des Gebiets vorhanden seien, jedoch eine Bewertung der hydraulischen Wirksamkeit aufgrund der vorliegenden Informationen nicht möglich sei (BGE 2020r). Diese Bewertung ist für die Anwendung im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar.

Zur Bewertung der Indikatoren *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge* und *Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wird jeweils ausgeführt, dass „große Teile des identifizierten Gebiets [...] einen Abstand von größer 150 Metern zwischen der Oberfläche der endlagerrelevanten Gesteinsabfolge und der Basis des Quartär“ aufweisen. Dadurch sei „eine mächtige vollständige Überdeckung durch Gesteine des Tertiär oder älter, welche als potenziell erosionshemmend betrachtet werden, für weite Teile des identifizierten Gebiets gegeben“ (BGE 2020r). Diese Einschätzung kann angesichts der im Zwischenbericht Teilgebiete dargestellten Datenlage gefolgt werden. Gemäß den Ausführungen der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) scheinen die Steinsalzformation des Rötalinars den Abstand zur Quartärbasis im Segment von mindestens 150 m zu erfüllen (Abbildung 6-25). Die Einschätzung der Indikatoren und des Kriteriums erscheint nachvollziehbar.

Abbildung 6-25: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 077



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

6.7 Teilgebiet 077: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Malms (Oberjura)

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

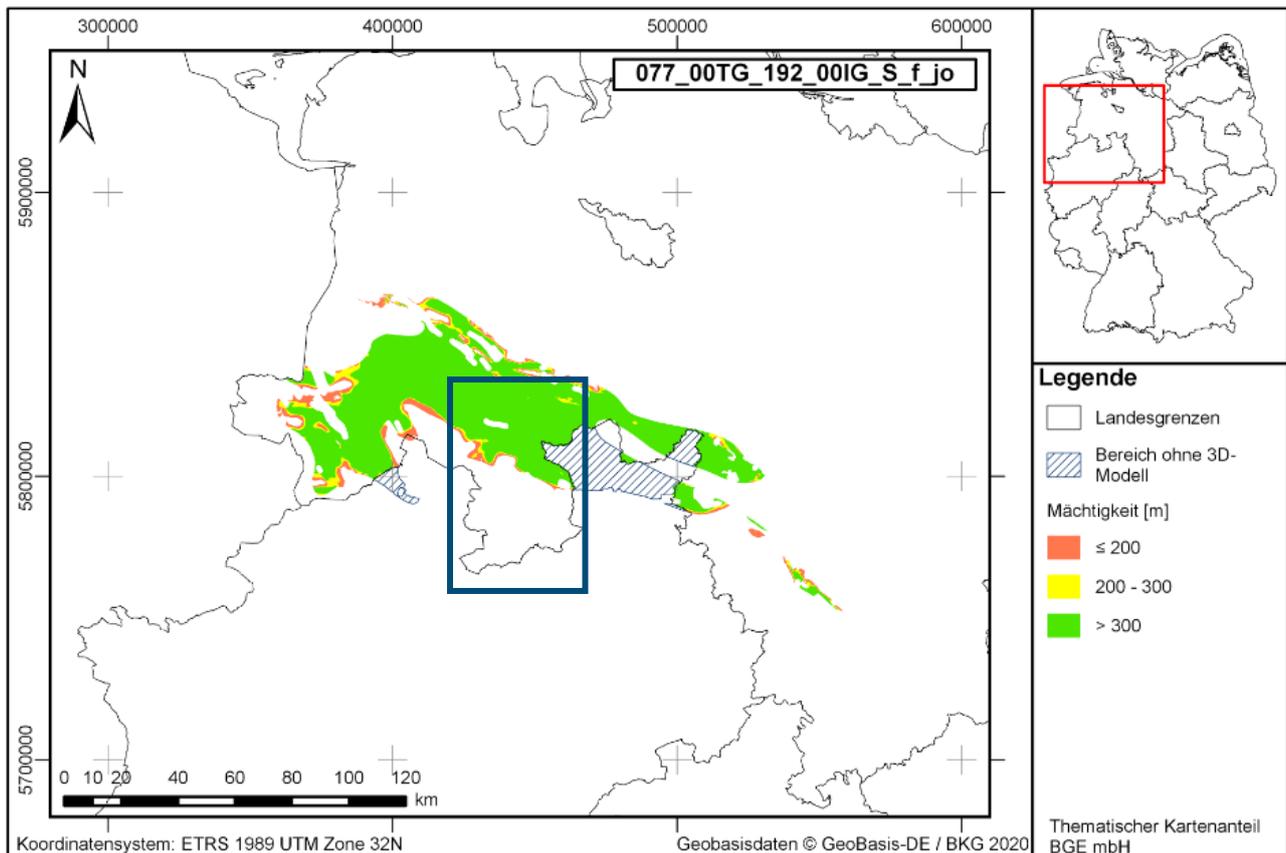
Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als „günstig“ eingestuft. Der Indikator *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können* wird nur für identifizierte Gebiete im Tonstein angewendet.

Der Indikator *Barrierenmächtigkeit* wird mit günstig bewertet, da bei der vorliegenden maximalen Mächtigkeit von 1.200 m eine Fläche von 3.637 km² mit einer Mächtigkeit von mehr als 300 m ausgewiesen werden kann (BGE 2020s). Als Mindestflächenbedarf werden, wie in Kapitel 6 ausgeführt, 3 km² angenommen. Als günstige Barrierenmächtigkeit wird abweichend von Anlage 2 zu § 24 Abs. 3 StandAG, analog zum Vorgehen in Tongesteinen, eine Mächtigkeit von 300 m angesetzt. Zur Erläuterung siehe Kapitel 6.1. Da zurzeit weder ein Standort noch ein Sicherheitskonzept für das Endlager bekannt sind, ist das Vorgehen bei der Bewertung des Indikators im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen, dass in Teilen des Segments ausreichend große Flächen bestehen könnten (Abbildung 6-22). Teilweise stehen die Kartendarstellungen im Widerspruch zu unseren Auswertungen der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen.

Wie in Kapitel 5.7 ausgeführt, ist zum Beispiel aus den Schichtverzeichnissen der Tiefenbohrungen zu entnehmen, dass nicht an allen Lokalisationen und auch nicht flächendeckend Steinsalz in stratiformer Lagerung des Malms vorhanden sind oder mit günstigen Mächtigkeiten von 300 m und in günstiger Teufe auftreten. Obwohl die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nicht alle auf der Fläche der Segmente lokalisiert sind, deutet unsere Auswertung daraufhin, dass die Bewertung des Indikators nicht auf die gesamte Fläche der Segmente des Teilgebietes 077 im Landkreis Osnabrück übertragbar ist. Eine genauere Überprüfung des Indikators durch eine individuellere Anwendung der geoWK auf die Segmente des Teilgebietes 077 im Landkreis Osnabrück wäre deshalb notwendig.

Abbildung 6-26: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) für das Teilgebiet 077

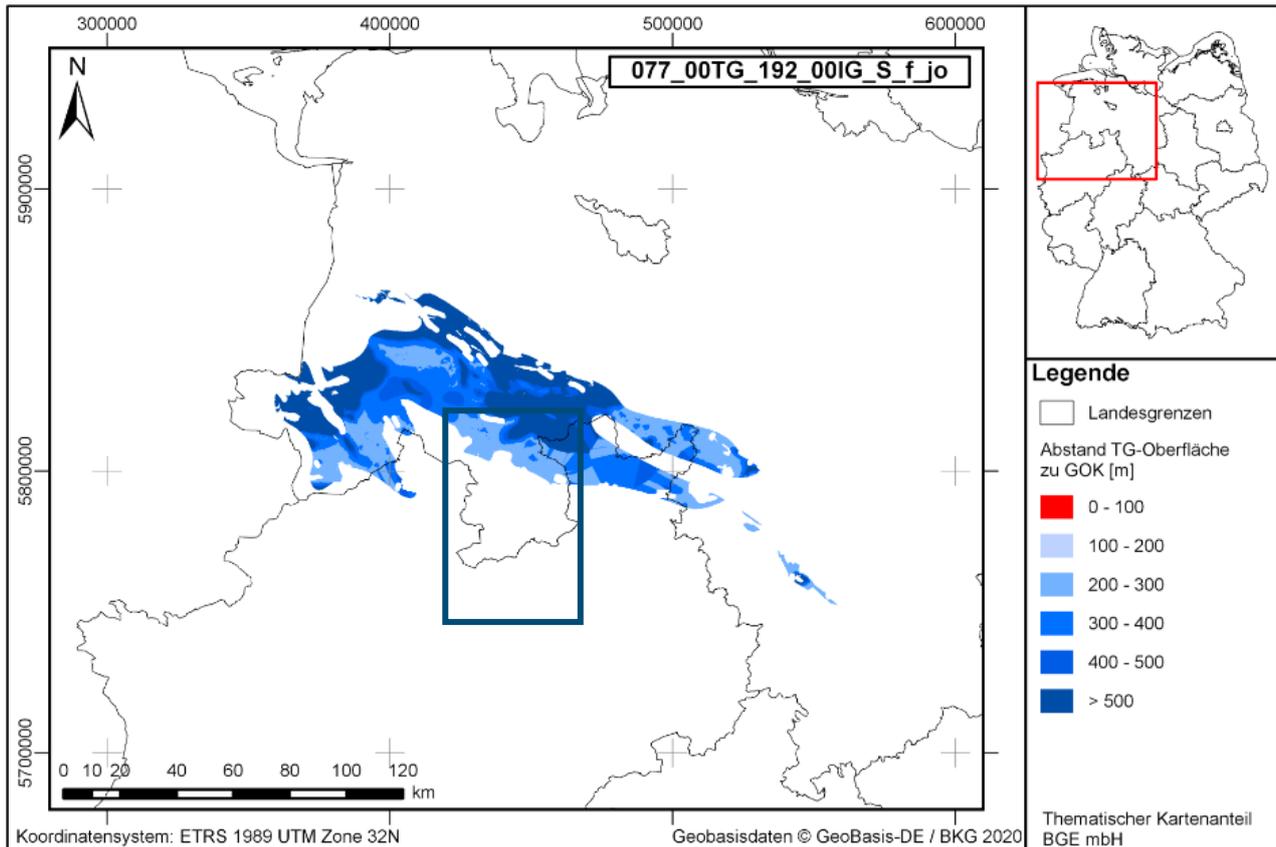


Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Der Indikator *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* wurde für alle Wirtsgesteine, wie in Kapitel 2.3 dargestellt, als günstig bewertet. Dieses Vorgehen ist im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar, stellt jedoch eine sehr starke Vereinfachung dar. Siehe dazu auch Kapitel 6.1.

Zur Bewertung des Indikators *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wird davon ausgegangen, dass innerhalb des identifizierten Gebietes, potenziell ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit einer Mächtigkeit von 100 m in einer Tiefe größer 500 m unter GOK ermittelt werden kann. Daher wird der Indikator als günstig bewertet.

Abbildung 6-27: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 077

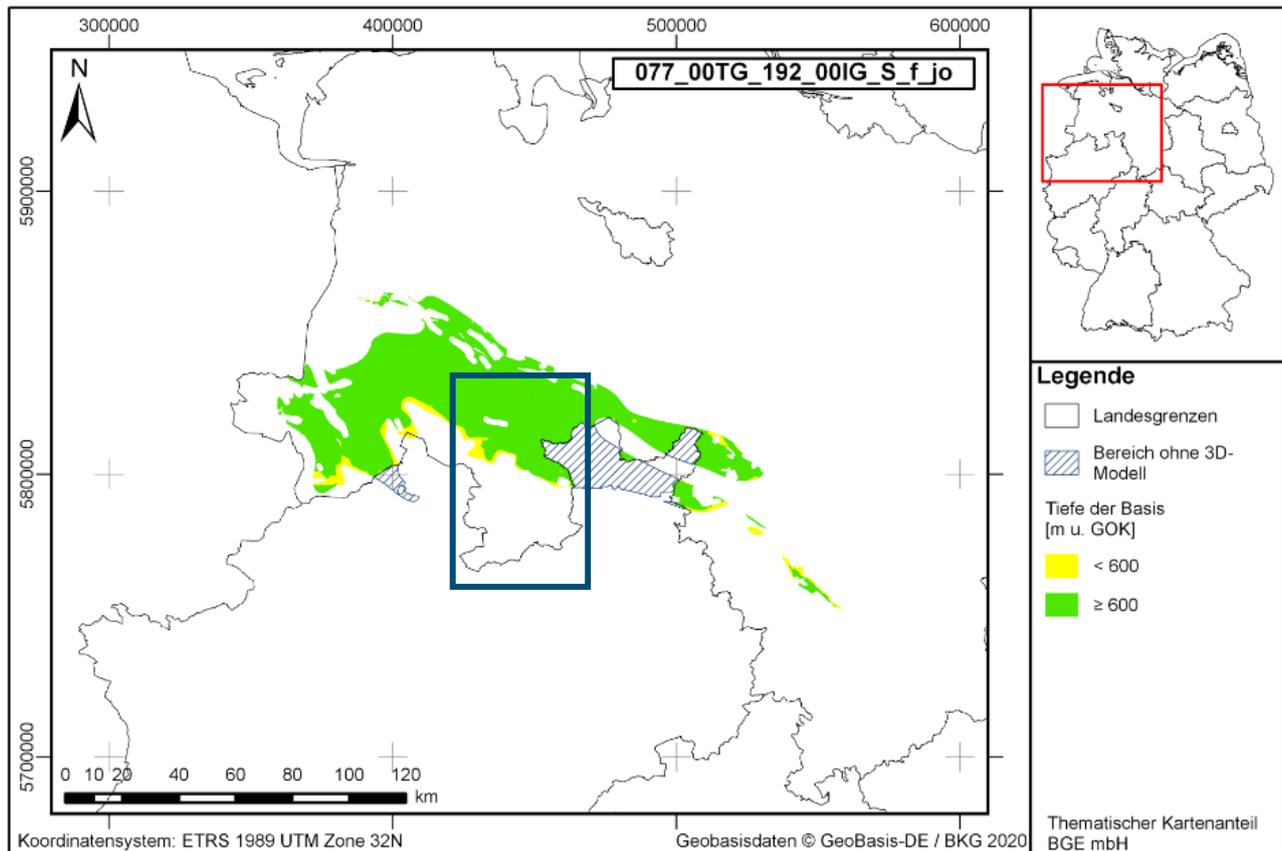


Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Für das Segment des Teilgebiets 077 im Landkreis Osnabrück wurde in Kapitel 5.7 an mehreren Tiefenbohrungen gezeigt, dass die Basislinie der oberjurassischen Steinsalzformationen in großen Teilen des nördlichen Segments unterhalb von 500 m unter GOK liegen. Diese Annahme wird auch durch die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) bestätigt (Abbildung 6-27). Die Methodik und die daraus resultierende Bewertung sind nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) hinsichtlich der Tiefe der Basis unterstützen die Bewertung des Indikators, wonach eine nicht zu vernachlässigende Fläche des Segments des Teilgebietes 077 im Landkreis Osnabrück darauf hinweisen, dass die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m Tiefe aller Voraussicht nach möglich sein könnte (Abbildung 6-28).

Abbildung 6-28: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 077



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Der Indikator *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* wird ebenfalls als günstig eingestuft, da die Fläche des identifizierten Gebietes mit 4.992 km² deutlich oberhalb des als günstig angenommenen dreifachen Flächenbedarfs (siehe Kapitel 2.3) von 9 km² für einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich liegt. Dabei wurde nur die Gesamtfläche des Teilgebietes berücksichtigt. Die Anwendung ist nachvollziehbar, jedoch sollte im Fall einer erneuten Anwendung der geoWK jedes Segment eines Teilgebietes individuell bewertet werden. In diesem Zusammenhang ist zu erwarten, dass die Bewertung der Indikatoren für ein einzelnes Segmente oder Teile daraus ggf. nur noch bedingt günstig oder sogar ungünstig ausfallen könnte.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Für Gebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung richtet sich die Bewertung des Kriteriums, wie für Gebiete in Tongestein, nach der schlechtesten Bewertung eines Indikators. Alle Indikatoren und das Kriterium wurden für das Teilgebiet 077 als günstig bewertet. Wie für Teilgebiete in steil stehenden Salzformationen und in Tongestein erfolgte die Bewertung anhand von Fachliteratur.

Der Indikator *Gesteinsausbildung* wurde als günstig bewertet, da die „horizontale Lagerung von Steinsalz [...] eine gute Vorhersagbarkeit der räumlichen Verteilung von Gesteinstypen“ (BGE 2020s) zulasse. Diese Bewertung kann als nachvollziehbar und plausibel angesehen werden.

Zum Indikator *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* wird ausgeführt, „da es sich um stratiforme Ablagerungen“ handle, sei „ohne gegenteilige Informationen oder Untersuchungen davon auszugehen, dass das identifizierte Gebiet ungestört“ (BGE 2020s) sei. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass „die Auswirkungen der salztektonischen Überprägung des ursprünglichen Gesteinsverbandes in Salzstrukturen [...] differenziert und standortspezifisch zu beurteilen“ (BGE 2020s) seien. Die günstige Bewertung ist nachvollziehbar, sollte aber im Fall einer Ausweisung des Teilgebiets 077 als Teiluntersuchungsraum bei erneuter Anwendung standortspezifisch überprüft werden.

Auch für die „genaue Verifizierung“ der *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich* sind „standortspezifische Untersuchungen sowie die Festlegung der räumlichen Lage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs notwendig“. Aufgrund der Datenlage, die für den Zwischenbericht Teilgebiete zur Verfügung steht, wurde angenommen, dass „flächhaft ausreichend große Bereiche innerhalb des identifizierten Gebiets vorhanden“ (BGE 2020s) seien, die dem Indikator genügen. Daher wurde er als günstig bewertet. Auch diese Bewertung erscheint plausibel und nachvollziehbar.

Das gilt auch für den Indikator *Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften*, der ebenfalls mangels standortspezifischer Informationen und Daten anhand bekannter Informationen zu vergleichbaren Gesteinsabfolgen bewertet wird. Da alle Indikatoren zwar nachvollziehbar, aber mangels standort- oder gebietspezifischer Informationen nur pauschal, bewertet wurden, hätte auch die Bewertung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums 3 für Steinsalz in stratiformer Lagerung in den Referenzdatensatz aufgenommen werden können.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Analog zur Anwendung in Tongesteinen erfolgte die Bewertung des Kriteriums für Steinsalz in stratiformer Lagerung anhand von Fachliteratur. Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als günstig bewertet. Zur detaillierten Begründung der Bewertung wird auf Anhang 5 zum Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) verwiesen. Darin wird im Wesentlichen die Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens grob zusammengefasst.

Nach Anlage 4 zu § 24 Abs. 3 StandAG ist das geowissenschaftliche Abwägungskriterium als günstig zu bewerten, wenn über einen Zeitraum von 10 Millionen Jahren keine Änderung in den Merkmalen der einzelnen Indikatoren aufgetreten ist. Sowohl der Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020s) als auch der Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien setzen sich nicht detailliert mit dieser Anforderung auseinander.

Unter der Annahme, die Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens belege, dass innerhalb der letzten 10 Millionen Jahre im Teilgebiet 077 stabile günstige Verhältnisse vorgeherrscht haben, kann die Bewertung als nachvollziehbar angesehen werden. In weiteren Verfahrensschritten muss diese Annahme jedoch durch reale Daten, bspw. durch Datierungen von Mineralneubildungen und -umbildungen in Störungszonen, belegt werden.

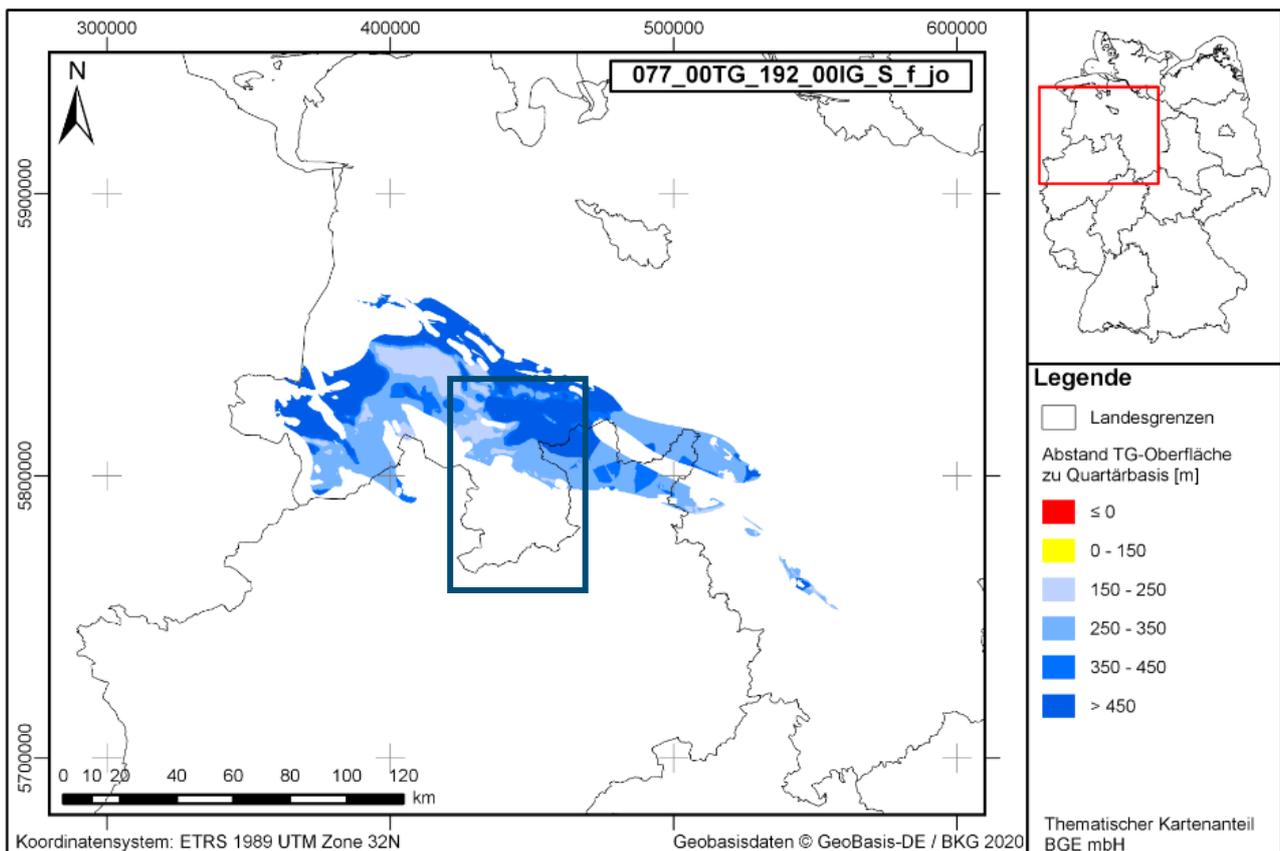
Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wird als bedingt günstig bewertet, da der Indikator *Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge*, aus

denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten als bedingt günstig eingestuft wird. Zur Begründung wird angeführt, dass Nachweise zu Störungen innerhalb des Gebiets vorhanden seien, jedoch eine Bewertung der hydraulischen Wirksamkeit aufgrund der vorliegenden Informationen nicht möglich sei (BGE 2020s). Diese Bewertung ist für die Anwendung im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar.

Zur Bewertung der Indikatoren *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge und Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wird jeweils ausgeführt, dass „große Teile des identifizierten Gebiets [...] einen Abstand von größer 150 Metern zwischen der Oberfläche der endlagerrelevanten Gesteinsabfolge und der Basis des Quartär“ aufweisen. Dadurch sei „eine mächtige vollständige Überdeckung durch Gesteine des Tertiär oder älter, welche als potenziell erosionshemmend betrachtet werden, für weite Teile des identifizierten Gebiets gegeben“ (BGE 2020s). Diese Einschätzung kann angesichts der im Zwischenbericht Teilgebiete dargestellten Datenlage gefolgt werden. Gemäß den Ausführungen der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) scheinen die Steinsalzformation des Malms den Abstand zur Quartärbasis im Segment von mindestens 150 m zu erfüllen (Abbildung 6-29). Die Einschätzung der Indikatoren und des Kriteriums erscheint nachvollziehbar.

Abbildung 6-29: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 077



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

6.8 Teilgebiet 078_06: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins (oberes Perm)

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

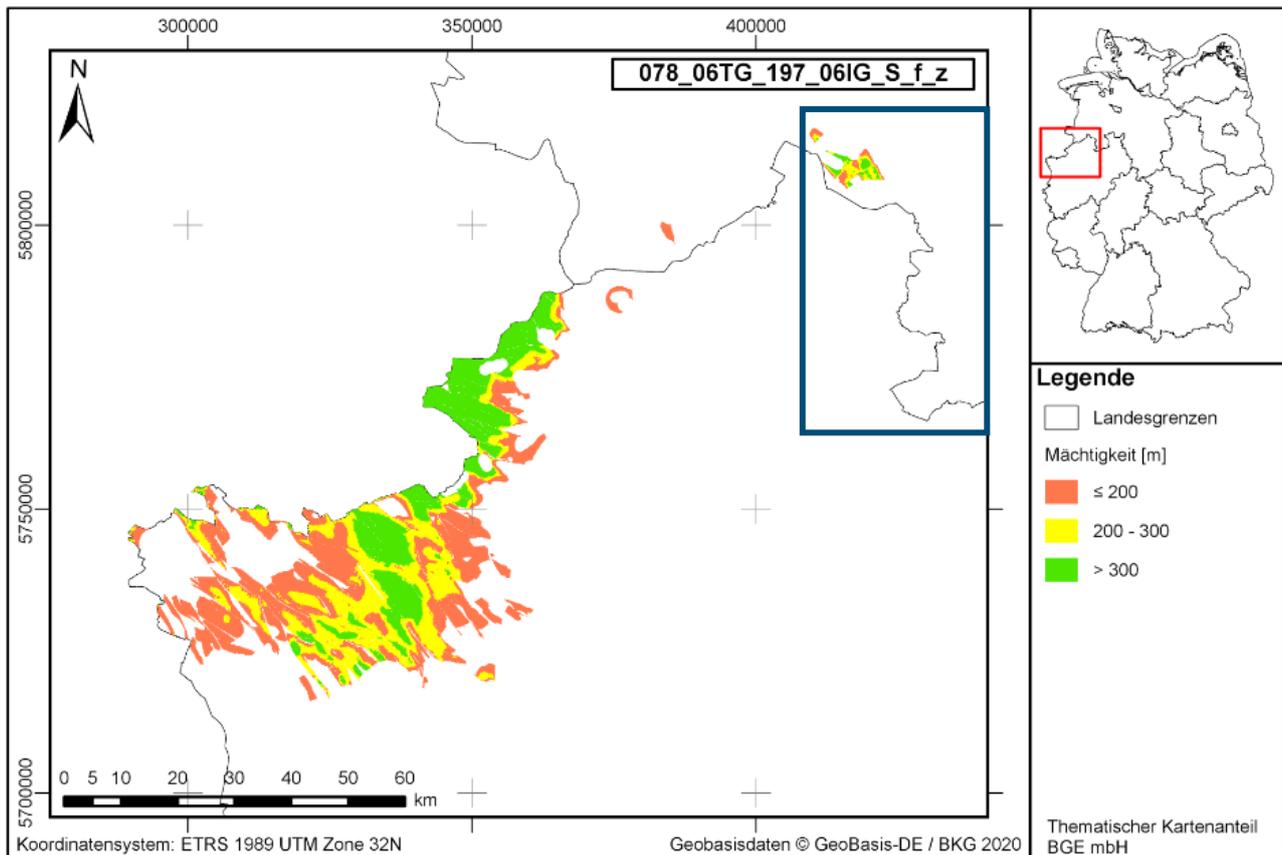
Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als „günstig“ eingestuft. Der Indikator *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können* wird nur für identifizierte Gebiete im Tonstein angewendet.

Der Indikator *Barrierenmächtigkeit* wird mit günstig bewertet, da bei der vorliegenden maximalen Mächtigkeit von 830 m eine Fläche von 410 km² mit einer Mächtigkeit von mehr als 300 m ausgewiesen werden kann (BGE 2020t). Als Mindestflächenbedarf werden, wie in Kapitel 6 ausgeführt, 3 km² angenommen. Als günstige Barrierenmächtigkeit wird abweichend von Anlage 2 zu § 24 Abs. 3 StandAG, analog zum Vorgehen in Tongesteinen, eine Mächtigkeit von 300 m angesetzt. Zur Erläuterung siehe Kapitel 6.1. Da zurzeit weder ein Standort noch ein Sicherheitskonzept für das Endlager bekannt sind, ist das Vorgehen bei der Bewertung des Indikators im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen, dass in Teilen der Segmente ausreichend große Flächen bestehen könnten (Abbildung 6-30). Teilweise stehen die Kartendarstellungen im Widerspruch zu unseren Auswertungen der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen.

Wie in Kapitel 5.8 ausgeführt, ist zum Beispiel aus den Schichtverzeichnissen der Tiefenbohrungen zu entnehmen, dass zwar an allen Lokalisationen Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins mit günstigen Mächtigkeiten von 300 m sind, aber teils deutlich tiefer als in der maximalen Teufe von 1.500 m liegen. Obwohl die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nicht auf der Fläche der Segmente lokalisiert sind, deutet unsere Auswertung daraufhin, dass die Bewertung des Indikators nicht auf alle Segmente des Teilgebietes 078_06 im Landkreis Osnabrück übertragbar ist. Eine genauere Überprüfung des Indikators durch eine individuellere Anwendung der geoWK auf die Segmente des Teilgebietes 078_06 im Landkreis Osnabrück wäre demnach notwendig.

Abbildung 6-30: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 078_06

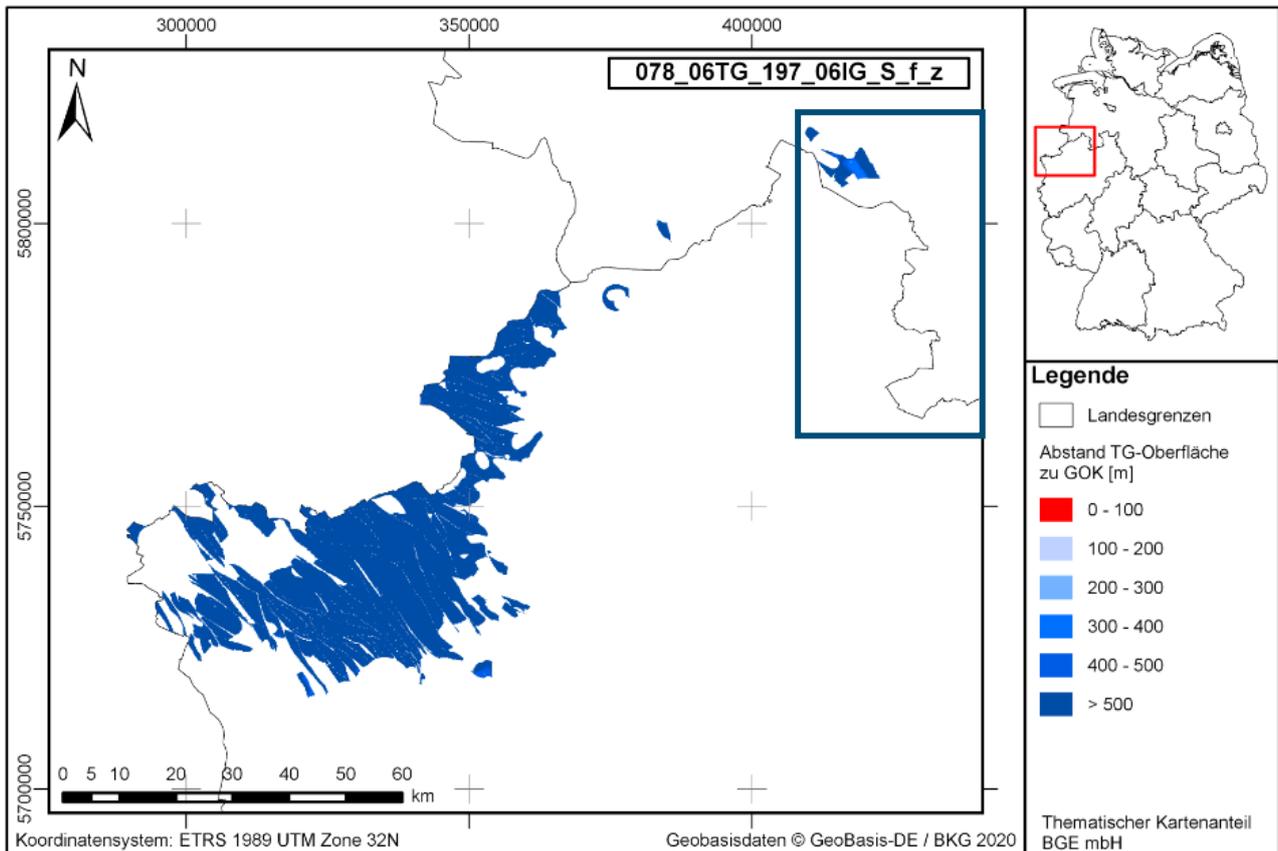


Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Der Indikator *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* wurde für alle Wirtsgesteine, wie in Kapitel 2.3 dargestellt, als günstig bewertet. Dieses Vorgehen ist im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar, stellt jedoch eine sehr starke Vereinfachung dar. Siehe dazu auch Kapitel 6.1.

Zur Bewertung des Indikators *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wird davon ausgegangen, dass innerhalb des identifizierten Gebietes, potenziell ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit einer Mächtigkeit von 100 m in einer Tiefe größer 500 m unter GOK ermittelt werden kann. Daher wird der Indikator als günstig bewertet.

Abbildung 6-31: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 078_06

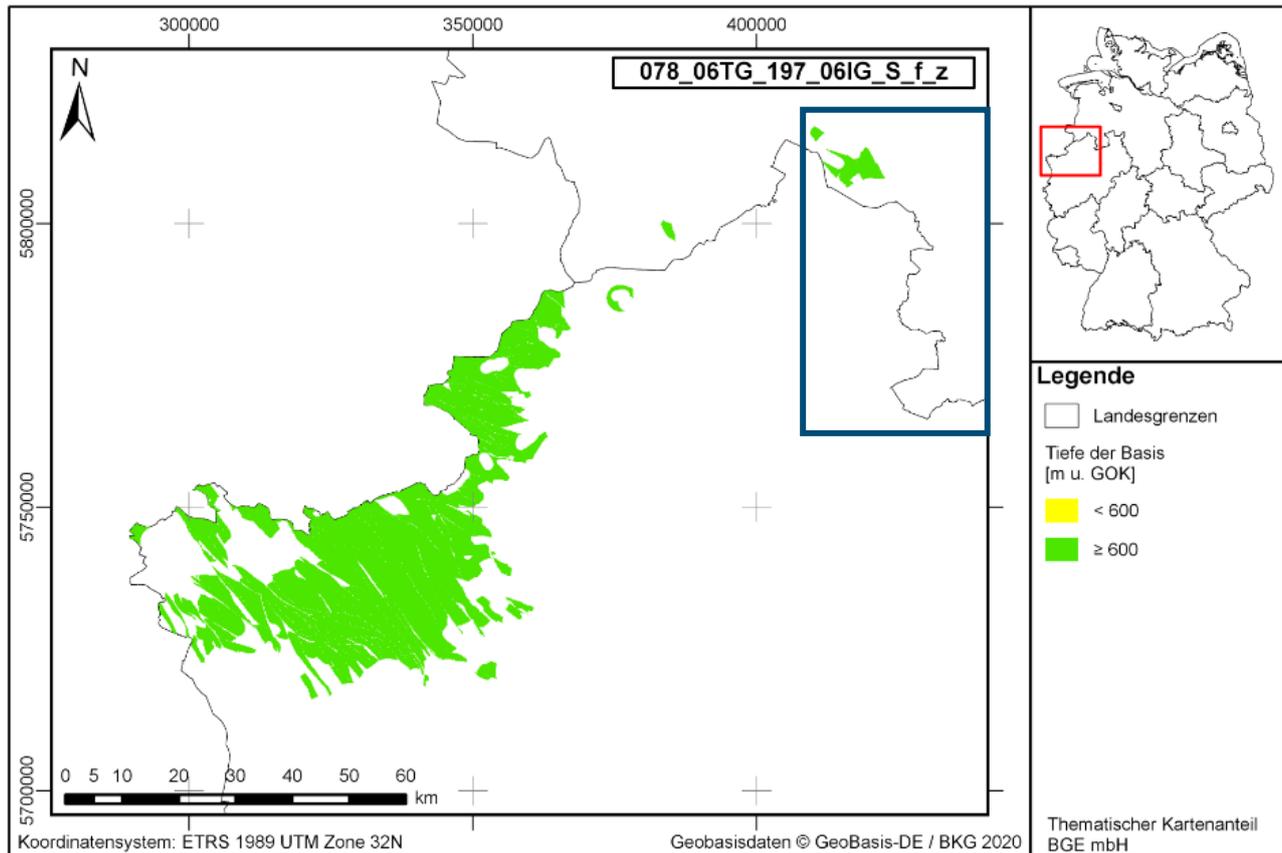


Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Für die Segmente des Teilgebiets 078_06 im Landkreis Osnabrück wurde in Kapitel 5.8 an mehreren Tiefenbohrungen gezeigt, dass die Basislinie der Steinsalzformationen des Zechsteins in Teilen des nördlichen Segments unterhalb von 500 m unter GOK liegen, auch wenn die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nur in unmittelbarer Nähe um das Segment herum lokalisiert sind, weshalb sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen lassen. Dennoch wird diese Annahme auch durch die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) bestätigt (Abbildung 6-31). Die Methodik und die daraus resultierende Bewertung sind nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) hinsichtlich der Tiefe der Basis unterstützen die Bewertung des Indikators, wonach eine nicht zu vernachlässigende Fläche des Segments des Teilgebietes 078_06 im Landkreis Osnabrück darauf hinweisen, dass die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m Tiefe aller Voraussicht nach möglich sein könnte (Abbildung 6-32).

Abbildung 6-32: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) für das Teilgebiet 078_06



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

Der Indikator *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* wird ebenfalls als günstig eingestuft, da die Fläche des identifizierten Gebietes mit 1.541 km² deutlich oberhalb des als günstig angenommenen dreifachen Flächenbedarfs (siehe Kapitel 2.3) von 9 km² für einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich liegt. Dabei wurde nur die Gesamtfläche des Teilgebietes berücksichtigt. Die Anwendung ist nachvollziehbar, jedoch sollte bei der erneuten Anwendung der geoWK im Rahmen der rvSU jedes Segment eines Teilgebietes individuell bewertet werden. In diesem Zusammenhang ist zu erwarten, dass die Bewertung der Indikatoren für ein einzelnes Segmente ggf. nur noch bedingt günstig oder sogar ungünstig ausfallen könnte.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Für Gebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung richtet sich die Bewertung des Kriteriums, wie für Gebiete in Tongestein, nach der schlechtesten Bewertung eines Indikators. Alle Indikatoren und das Kriterium wurden für das Teilgebiet 078_06 als günstig bewertet. Wie für Teilgebiete in steil stehenden Salzformationen und in Tongestein erfolgte die Bewertung anhand von Fachliteratur.

Der Indikator *Gesteinsausbildung* wurde als günstig bewertet, da die „horizontale Lagerung von Steinsalz [...] eine gute Vorhersagbarkeit der räumlichen Verteilung von Gesteinstypen“ (BGE 2020t) zulasse. Diese Bewertung kann als nachvollziehbar und plausibel angesehen werden.

Zum Indikator *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* wird ausgeführt, „da es sich um stratiforme Ablagerungen“ handle, sei „ohne gegenteilige Informationen oder Untersuchungen davon auszugehen, dass das identifizierte Gebiet ungestört“ (BGE 2020t) sei. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass „die Auswirkungen der salztektonischen Überprägung des ursprünglichen Gesteinsverbandes in Salzstrukturen [...] differenziert und standortspezifisch zu beurteilen“ (BGE 2020t) seien. Die günstige Bewertung ist nachvollziehbar und sollte aber im Fall einer Ausweisung des Teilgebiets 078_06 als Teiluntersuchungsraum bei erneuter Anwendung standortspezifisch überprüft werden.

Auch für die „genaue Verifizierung“ der *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich* sind „standortspezifische Untersuchungen sowie die Festlegung der räumlichen Lage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs notwendig“ (BGE 2020t). Aufgrund der Datenlage, die für den Zwischenbericht Teilgebiete zur Verfügung steht, wurde angenommen, dass „flächenhaft ausreichend große Bereiche innerhalb des identifizierten Gebiets vorhanden“ (BGE 2020t) seien, die dem Indikator genügen. Daher wurde er als günstig bewertet. Auch diese Bewertung erscheint plausibel und nachvollziehbar.

Das gilt auch für den Indikator *Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften*, der ebenfalls mangels standortspezifischer Informationen und Daten anhand bekannter Informationen zu vergleichbaren Gesteinsabfolgen bewertet wird. Da alle Indikatoren zwar nachvollziehbar, aber mangels standort- oder gebietspezifischer Informationen nur pauschal, bewertet wurden, hätte auch die Bewertung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums 3 für Steinsalz in stratiformer Lagerung in den Referenzdatensatz aufgenommen werden können.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Analog zur Anwendung in Tongesteinen erfolgte die Bewertung des Kriteriums für Steinsalz in stratiformer Lagerung anhand von Fachliteratur. Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als günstig bewertet. Zur detaillierten Begründung der Bewertung wird auf Anhang 5 zum Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) verwiesen. Darin wird im Wesentlichen die Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens grob zusammengefasst.

Nach Anlage 4 zu § 24 Abs. 3 StandAG ist das geowissenschaftliche Abwägungskriterium als günstig zu bewerten, wenn über einen Zeitraum von 10 Millionen Jahren keine Änderung in den Merkmalen der einzelnen Indikatoren aufgetreten ist. Sowohl der Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020t) als auch der Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien setzen sich nicht detailliert mit dieser Anforderung auseinander.

Unter der Annahme, die Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens belege, dass innerhalb der letzten 10 Millionen Jahre im Teilgebiet 078_06 stabile günstige Verhältnisse vorgeherrscht haben, kann die Bewertung als nachvollziehbar angesehen werden. In weiteren Verfahrensschritten muss diese Annahme jedoch durch reale Daten, bspw. durch Datierungen von Mineralneubildungen und -umbildungen in Störungszonen, belegt werden.

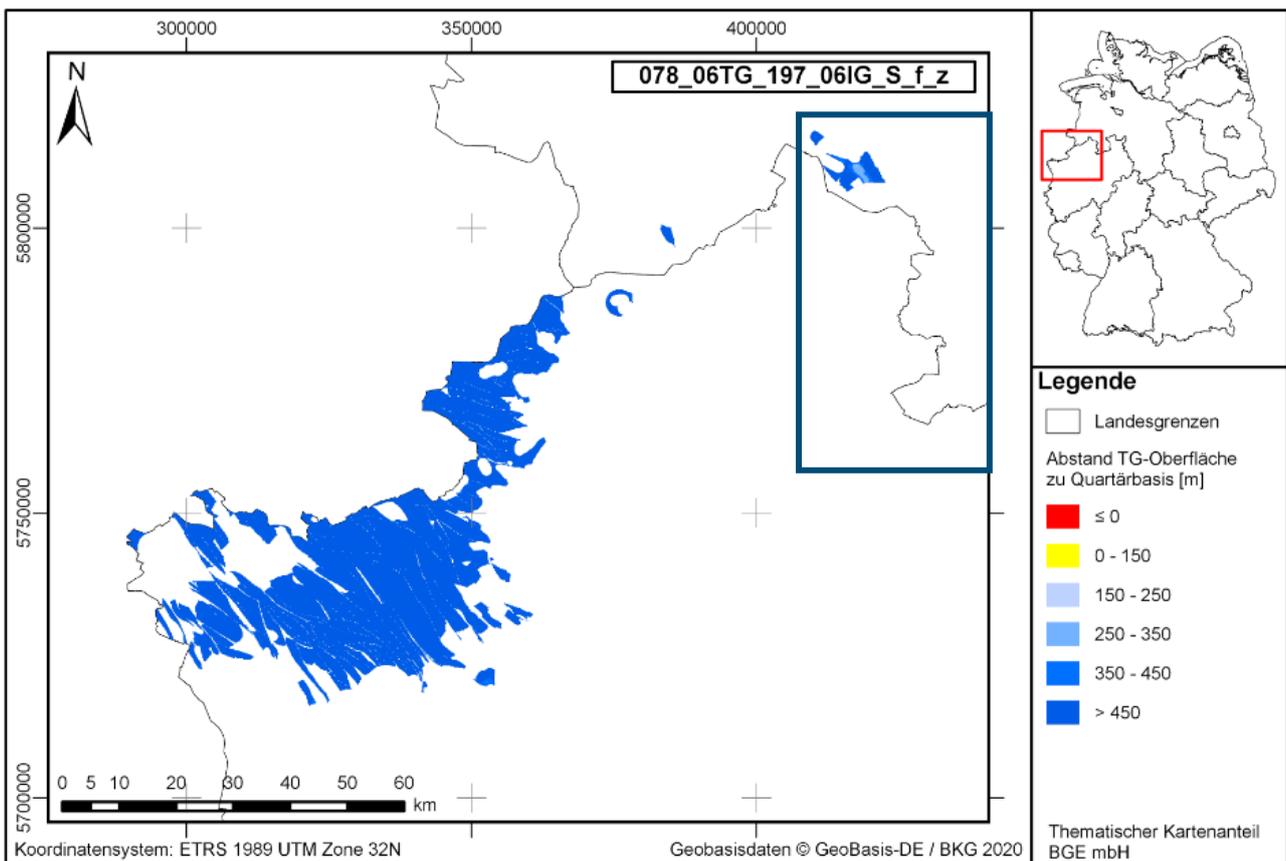
Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wird als bedingt günstig bewertet, da der Indikator *Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus*

denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten als bedingt günstig eingestuft wird. Zur Begründung wird angeführt, dass Nachweise zu Störungen innerhalb des Gebiets vorhanden seien, jedoch eine Bewertung der hydraulischen Wirksamkeit aufgrund der vorliegenden Informationen nicht möglich sei (BGE 2020t). Diese Bewertung ist für die Anwendung im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar.

Zur Bewertung der Indikatoren *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge und Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wird jeweils ausgeführt, dass „große Teile des identifizierten Gebiets [...] einen Abstand von größer 150 Metern zwischen der Oberfläche der endlagerrelevanten Gesteinsabfolge und der Basis des Quartär“ aufweisen. Dadurch sei „eine mächtige vollständige Überdeckung durch Gesteine des Tertiär oder älter, welche als potenziell erosionshemmend betrachtet werden, für weite Teile des identifizierten Gebiets gegeben“ (BGE 2020t). Diese Einschätzung kann angesichts der im Zwischenbericht Teilgebiete dargestellten Datenlage gefolgt werden. Gemäß den Ausführungen der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) scheinen die Steinsalzformation des Malms den Abstand zur Quartärbasis im Segment von mindestens 150 m zu erfüllen (Abbildung 6-33). Die Einschätzung der Indikatoren und des Kriteriums erscheint nachvollziehbar.

Abbildung 6-33: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) für das Teilgebiet 078_06



Quelle: (BGE 2021). Blauer Kasten: Die Stadt und den Landkreis Osnabrück betreffende Segmente.

7 Der aktuelle Stand des Standortauswahlverfahrens und der Weg zur Ermittlung von Standortregionen

Aktuell – zur Fertigstellung dieses Berichtes Anfang des Jahres 2024 – befindet sich das Standortauswahlverfahren in Schritt 2 der Phase I. In diesem Schritt sollen aus den 90 Teilgebieten geeignete Standortregionen ausgewiesen werden, die dann in Phase II übertägig erkundet werden. Dies wird die Vorhabenträgerin zunächst anhand von repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchung (rvSU) und anschließend durch die erneute Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) und möglicherweise zusätzlich durch die Anwendung von planwissenschaftlichen Abwägungskriterien (planWK) tun.

Dazu hat die BGE Ende 2022 bereits Methoden zur Durchführung der rvSU vorgestellt (BGE 2022b), welche als maßgebliches Werkzeug zur Eingrenzung der Teilgebiete und der Auswahl der Standortregionen dient. Die Vorstellung und Diskussion der Methodenentwicklung der rvSU stellte somit einen wesentlichen Bestandteil des öffentlichen Diskurses im Jahr 2023 dar. Die BGE hat sich zum Ziel gesetzt die Methodenentwicklung der rvSU zu Beginn des Jahres 2024 insofern abzuschließen, dass sie zur Anwendung kommen kann (BGE 2022b). So werden Erkenntnisse, die während der Anwendung der rvSU erkannt werden und zu einer Verbesserung der Methodik führen können, in die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen in Phase II und III eingehen.

Darüber hinaus veröffentlichte die BGE im Herbst 2023 ein Dokument zum Vorgehen bei der Ermittlung von Standortregionen aus den Teilgebieten (BGE 2023a), welches die Rolle der rvSU und die Anwendung der Werkzeuge innerhalb der Phase I Schritt 2 und das Vorgehen bis zum Vorschlag der übertägig zu erkundenden Standortregionen erklärt (siehe hierzu Kapitel 7.1).

Neben der Vorstellung der einzelnen Vorgänge der BGE in Phase I Schritt 2 des StandAV prägte das Jahr 2023 vor allem die aktuelle Diskussion der zeitlichen Betrachtung des StandAV. Seit der Veröffentlichung des Zwischenbericht Teilgebiete wurden im StandAV in der öffentlichen Diskussion Stimmen lauter, die darauf hinwiesen, dass mit dem aktuellen Fortschreiten des StandAV die im StandAG angestrebte „Festlegung des Endlagerstandortes für das Jahr 2031“ nicht zu halten sei (StandAG 2017).

Mit der Vorstellung des Rahmenterminplans der BGE für die Ermittlung der übertägig zu erkundenden Standortregionen (Phase I, Schritt 2) und den zeitlichen Abschätzungen für die Phasen II und III wurde zum ersten Mal seit Beginn des StandAV offiziell bekundet, dass der ursprünglich im Endlager Kommissionsbericht (Endlagerkommission 2016) vorgeschlagene und im StandAG (StandAG 2017) als erste zeitliche Orientierung genannte Termin für die Festlegung des Standorts (das Jahr 2031) vor dem Hintergrund der komplexen und anspruchsvollen Umsetzung des Standortauswahlverfahrens unrealistisch sei (BGE 2022c).

Die Diskussion um die zeitliche Betrachtung einzelner Verfahrensschritte und die daraus resultierende voraussichtliche Gesamtdauer der StandAV bestimmte auch die Debatte des 2. Forum Endlagersuche in Halle im November 2023. Hauptbestandteil des Forums waren die Vorstellungen der Vorgänge in Schritt 2 der Phase I und der Rahmenterminplan der BGE und deren Auswirkungen auf das Standortauswahlverfahren. In diesem Zusammenhang stellte sich auch die Frage, wie groß der tatsächlich notwendige Zeitbedarf für die Standortsuche werden kann bzw. muss oder darf.

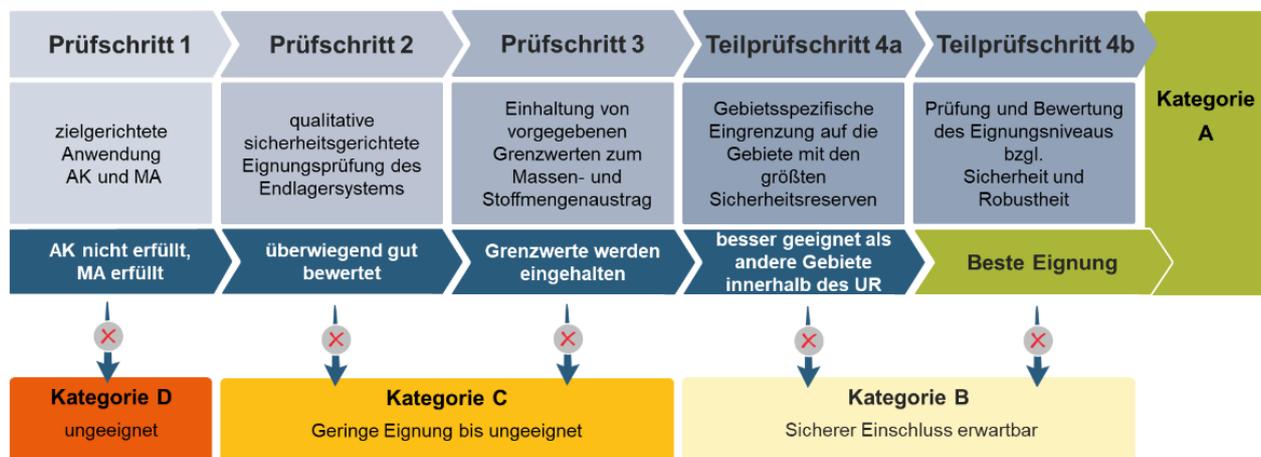
7.1 Repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) und Ermittlung von Standortregionen

Mit dem Vorgehens zur Ermittlung der Standortregionen (BGE 2023b) veröffentliche die BGE ihren Vorschlag, wie die Einengung der 90 Teilgebiete zu den am Ende rund 10 Standortregionen innerhalb des Schritte 2 der Phase I von statten gehen soll.

Die Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) bilden dabei eines der drei Werkzeuge, mit der die BGE die Teilgebiete bewerten, einengen und vergleichen will. Die beiden weiteren Werkzeuge stellen die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) und ggf. die planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien (planWK) dar. Teilweise erfolgte die Veröffentlichung der Methodenbeschreibungen, wie zum Beispiel zur Durchführung der rvSU (BGE 2022b) oder den planWK (BGE 2022a) bereits im Vorfeld.

Die rvSU dienen maßgeblich dazu, Gebiete schrittweise und nach der zu erwartenden Qualität des erreichbaren Einschlusses der radioaktiven Abfälle sowie der Sicherheit und Robustheit des Endlagersystems zu bewerten und in die Kategorien D bis A einzustufen (Abbildung 7-1).

Abbildung 7-1: Die vier Prüfschritte innerhalb der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU)



Quelle: (BGE 2023b)

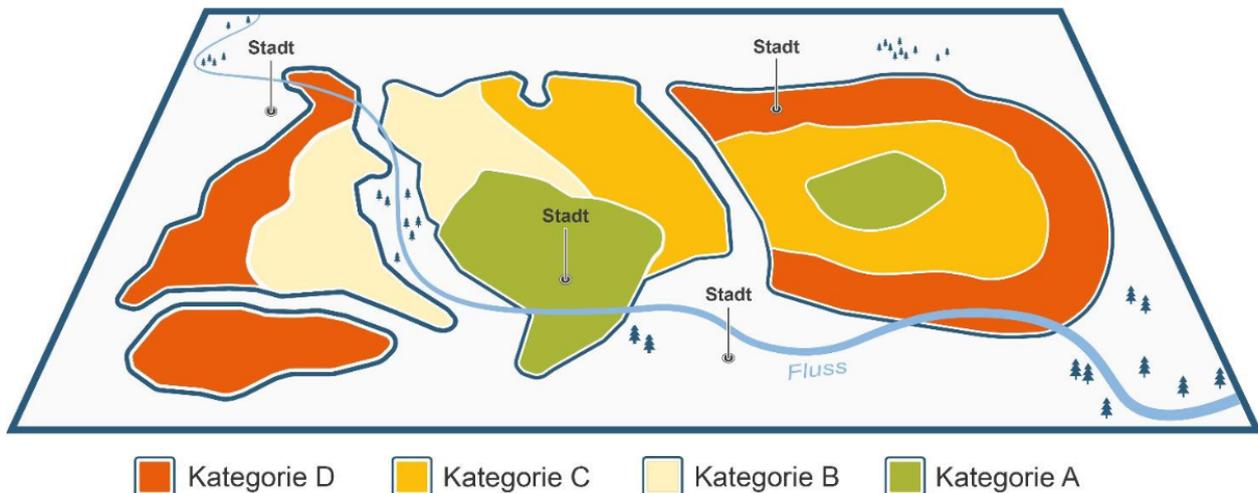
Hierfür werden die Teilgebiete zunächst in Teiluntersuchungsräume (TUR) unterteilt. Die Einengung erfolgt anschließend durch vier Prüfschritte, in denen „der Detaillierungsgrad der Untersuchungen und Bewertungen sukzessive erhöht wird“ (BGE 2023b). Dies erlaubt der BGE ein möglichst ausgeglichenes, gerechtes und systematisches Vorgehen, um die TUR schrittweise in die Kategorie D bis A einzustufen. Dadurch erhofft sich die BGE einen kriterienbasierten Ansatz zur Bewertung der Gebiete, welche eine Vergleichbarkeit der Gebiete herstellt, da wirtsgesteinspezifische Kriterienkataloge genutzt werden, um für jedes Wirtsgestein die jeweiligen Eigenschaften und Herausforderungen zu berücksichtigen (BGE 2023b).

Die verschiedenen Kategorien verdeutlichen somit „Abstufungen der Eignung der Gebiete für die Endlagerung“ (BGE 2023b). In Prüfschritt 1 und 2 werden Gebiete aussortiert, welche entweder ungeeignet (Kategorie D (und C)) für die Endlagerung sind oder nur eine geringe Eignung (Kategorie C) aufweisen. Die Teiluntersuchungsräume beider Kategorien scheidet in der Betrachtung für eine Standortregion aus dem StandAV aus und werden im weiteren Verlauf nicht

mehr als mögliche Gebiete betrachtet. Obwohl die Abläufe für die Prüfschritte zum jetzigen Zeitpunkt relativ klar definiert sind, befindet sich das Vorgehen für die genaue Durchführung der Prüfschritte 3 und 4 noch in Bearbeitung (NBG 2023). Allerdings steht bereits fest, dass es in diesen Prüfschritten nicht mehr um eine Aussortierung nicht oder schlecht geeigneter Gebiete geht, sondern sich bei den Untersuchungen auf die günstigsten Gebiete fokussiert werden soll (Seidel 2023). Gebiete, die in Kategorie B (sicherer Einschluss erwartbar) eingestuft werden, scheiden nicht aus dem StandAV aus, werden aber in der Betrachtung zurückgestuft und sozusagen als Absicherung in der Hinterhand behalten, falls in Zukunft doch auf sie zurückgegriffen werden müsste (BGE 2023b).

Durch diese gezielte Fokussierung auf die „unter Sicherheitsaspekten günstigsten Gebiete“ der Kategorie A mit der besten Eignung als Standortregion für ein Endlager, können diese im weiteren Verlauf detaillierter untersucht werden und wertvolle Ressourcen eingespart werden (Seidel 2023). Schrittweise werden die jetzigen Teilgebiete dadurch bewertet und eingegrenzt (Abbildung 7-2).

Abbildung 7-2: Beispielhafte zusammenfassende kartografische Darstellung der Einstufung und Eingrenzung der Teiluntersuchungsräume eines fiktiven Teilgebietes



Quelle: (BGE 2023b)

Anschließend werden auf die Teiluntersuchungsräume der Kategorie A zur Bewertung der geologischen Gesamtsituation erneut die geoWK angewendet, „bevor sie – auf Grundlage der Ergebnisse von rvSU und geoWK – miteinander verglichen werden, um potenzielle Standortregionen zu ermitteln“ (BGE 2023b). Ist danach eine weitere Eingrenzung notwendig, kommen ggf. die planWK zum Einsatz (BGE 2022a).

Dieses gesamtheitliche Vorgehen ermöglicht laut BGE, die potenziellen Standortregionen systematisch miteinander zu vergleichen. Der Standortregionenvorschlag bildet den Abschluss von Schritt 2 in Phase I zur Ermittlung von Standortregionen für die übertägige Erkundung.

Insgesamt wurde das Vorgehen der BGE zur Ermittlung der Standortregionen von allen Beteiligten begrüßt (NBG 2023). Insbesondere die zielgerichtete Fokussierung auf, die am besten geeigneten Standortregionen und die Abkehr vom konservativen Aussortieren der nicht für die Endlagerung geeigneten Gebiete wurde in der Fachdiskussion gelobt. Zum Beispiel betont (NBG 2023), dass das Vorgehen insgesamt übersichtlich dargestellt ist und einzelne Schritte nachvollziehbar sind.

Trotzdem handele sich noch um einen teils lückenhaften Arbeitsstand mit in weiten Teilen unklaren Anwendungen, dessen Methodik noch nicht vollständig und abgeschlossen ist (NBG 2023). Dies stellt allerdings zum jetzigen Zeitpunkt keine größeren Probleme dar, da die BGE ihr Vorgehen generell als iterativ, anpassbar und ständig bearbeitbare Arbeit versteht (BGE 2022a).

7.2 Fachliche Einschätzung der Relevanz der rvSU für Stadt und Landkreis Osnabrück und Ausblick auf das Jahr 2024

Die BGE bezeichnet die nachvollziehbare räumliche Einengung der Teilgebiete zu Standortregionen mit Hilfe der rvSU als zentrale Herausforderung für Schritt 2 in Phase I (BGE 2023b). Ziel ist es, die Teilgebiete schrittweise zu unterteilen, anhand vorhandener Daten hinsichtlich der zu erwartenden Qualität des erreichbaren Einschlusses der radioaktiven Abfälle sowie der Sicherheit und Robustheit des Endlagersystems zu bewerten und in die Kategorien D bis A einzustufen (BGE 2022b).

Die BGE hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Ende des Jahres 2027 einen Standortregionenvorschlag an das BASE zu übermitteln. Bis dahin hat sie sich vorgenommen, alle beteiligten Akteure jährlich über ihre Arbeitsstände, welche auch jährlich aktualisiert und in zusätzlichen/ergänzenden Darstellungen sichtbar gemacht werden sollen, zu informieren (BGE 2023b). Dies soll immer im 4. Quartal und vor dem Forum Endlagersuche und in Form einer eigenen GIS-basierten Web-Anwendung geschehen. Die interaktive Kartendarstellung zu den Teilgebieten, die im Rahmen der Veröffentlichung des ZB TG (BGE 2020h) von der BGE veröffentlicht wurde, soll in ihrer Form bestehen bleiben.

Im Rahmen des 2. Forum Endlagersuche im November 2023 in Halle (Saale) gab die BGE einen umfassenden Ausblick auf die Arbeiten der nächsten Jahre bis zum geplanten Standortregionenvorschlag im Jahr 2027, die in den Vorträgen von (Seidel 2023) und (Dehmer 2023) übersichtlich und umfänglich erklärt werden.

Für das 4. Quartal im Jahr 2024 will die BGE die Arbeitsstände nach den Prüfschritten 1 und 2 innerhalb der rvSU veröffentlichen und somit die Teiluntersuchungsräume der Kategorie D und je nach Arbeitsfortschritt eventuell auch die Kategorie C-Gebiete bekannt geben, die mit dieser Einstufung endgültig aus dem Standortauswahlverfahren ausgeschlossen werden. Die Arbeitsstände nach dem Prüfschritt 2 sollen auch über noch nicht eingeordnete Gebiete informieren, bei denen grundsätzlich auch Gebiete der Kategorien A und B enthalten sein können.

Für das Jahr 2025 hat die BGE die voraussichtliche Veröffentlichung ihrer Arbeitsstände zu den Prüfschritten 3 und 4 angekündigt, um Auskunft über die Einordnung der Gebiete in D bis B/ggf. auch schon erste A Kategorien bekannt zu geben. Gebieten ohne hinreichende Informationen bleiben zur Sicherstellung der Gleichbehandlung aller Gebiete und Nachvollziehbarkeit der Bearbeitung so lange im Verfahren, bis sie am Ende von Phase I mit den ermittelten Standortregionen verglichen werden können. In diesem Zusammenhang sollen Empfehlungen zum weiteren Umgang mit diesen Gebieten gegeben, die auf „Grundlage einer verbalargumentativen Abwägung stattfinden“ (BGE 2023b). Im Zuge dessen weist die BGE daraufhin, dass „alle Beteiligten über Jahre damit leben müssten, dass die Ergebnisse der Arbeiten vorläufig sind – und noch lange vorläufig bleiben“ (Dehmer 2023).

Die rvSU sind insofern auch für Stadt und Landkreis Osnabrück relevant, da durch die jährliche Veröffentlichung der BGE zu den Arbeitsständen der rvSU kontinuierlich damit gerechnet werden kann, neue Information über den Stand der Teilgebietssegmente in Stadt und Landkreis Osnabrück zu erhalten. Diese Arbeitsstände gilt es nachzuvollziehen und einzuordnen.

Alle Teilgebietssegmente in Stadt und Landkreis Osnabrück werden im Rahmen der rvSU Teiluntersuchungsräumen zugewiesen und in diesem Zuge ggf. noch weiter unterteilt. Es besteht grundsätzlich die Möglichkeit, dass einige dieser Teiluntersuchungsräume bereits zum Ende des Jahres 2024 in Kategorie D und C eingeordnet werden und somit direkt aus dem Standortauswahlverfahren ausscheiden. Dadurch ist es möglich, dass es zu einer Einengung der Teilgebietssegmente in Anzahl und Fläche kommt. Im Gegenzug ist es nicht ausgeschlossen, dass es in Stadt und Landkreis Osnabrück Segmente aber weiterhin als Teiluntersuchungsräume im Standortauswahlverfahren ausgewiesen werden. Damit gilt es sich zu befassen und mit den Auswirkungen auseinanderzusetzen. Dennoch bedeutet auch die Nicht-Einordnung in die Kategorien D oder C nicht zwangsläufig, dass diese Gebiete als Standortregionen ausgewiesen werden.

Insofern gilt es festzuhalten, dass bis zum Jahr 2027 davon ausgegangen werden kann, dass durch die drastische Einengung der Teilgebiete viel Klarheit geschaffen wird, auch wenn gesichert ist, dass weiterhin mit einigen Ungewissheiten umgegangen werden muss.

Abschließend bedeutet dies für die Stadt und den Landkreis Osnabrück, dass sich im Fall eines Ausschlusses von Segmenten einige offene Fragen sehr schnell auflösen könnten. Andererseits ist damit zu rechnen, dass mit der Ausweisung von B- und vor allem A-Gebieten neue Aufgaben entstehen werden.

Der nächste offizielle Termin im Standortauswahlverfahren ist die Konferenz „Tage der Standortwahl“³⁹ vom 18. Bis 19. April 2024 in Goslar, bei der im Wesentlichen geologische Grundlagen diskutiert werden.

8 Schlussfolgerungen und Bewertung

Im Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020k) sind insgesamt acht Teilgebiete genannt, die jeweils mit einem oder mehreren Segmenten in Stadt und Landkreis Osnabrück liegen. Die Teilgebiete selber erstrecken sich dabei flächenhaft in allen acht Teilgebieten deutlich über die Grenzen des Landkreises Osnabrück hinaus. Für Stadt und Landkreis Osnabrück sind fünf Teilgebiete im Wirtsgestein Tongestein (Kapitel 3.1) sowie weitere drei im Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung (Kapitel 3.2) relevant.

Anhand von Ausschlusskriterien (AK) hat die BGE auf dem Gebiet von Stadt und Landkreis Osnabrück etwa 154 Bereiche aufgrund von *aktiven Störungszonen* sowie eine große Zahl an *Bohrungen aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit* ausgeschlossen. Während der Ausschluss der *aktiven Störungszonen* aus den Teilgebietssegmenten im Landkreis auf der interaktiven Karte zum Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020h) als Lücke in den Teilgebietssegmenten nachvollzogen werden kann, ist der Einfluss der *Bohrungen aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit* auf die Teilgebiete nicht in dieser zu erkennen. Die Methodik ist dennoch plausibel. Die Bearbeitung der Ausschlusskriterien *Seismische Aktivität* und *Grundwasseralter* dahingegen sollte, wie in Kapitel 4 dargelegt, im weiteren Verfahren angepasst werden.

Die Anwendung der Mindestanforderungen (MA) auf alle für Stadt und Landkreis Osnabrück relevanten Teilgebiete erfolgte aufgrund sehr pauschaler Annahmen zu Tongesteinen bzw.

³⁹ <https://www.ielf.tu-clausthal.de/fachgebiete/endlagersysteme/tage-der-standortauswahl-2024>

Steinsalz in stratiformer Lagerung und jeweils für sehr große stratigraphische Einheiten in Norddeutschland. Aussagen zur Gültigkeit der Bewertung für die Segmente dieser Teilgebiete, die sich innerhalb Stadt und Landkreis Osnabrück befinden, haben wir anhand von Tiefenbohrungen innerhalb oder in der Nähe der Segmente der Teilgebiete überprüft. Obwohl nicht immer Tiefenbohrungen innerhalb der Segmente ausgewertet werden konnten und solche, die außerhalb des Segments - wenn auch in unmittelbarer Nähe - liegen, nur bedingt Aussagen bezüglich der Geologie der Segmente innerhalb des Segmentes zulassen, konnten anhand dieser stichprobenartigen Überprüfungen einige Erkenntnisse gewonnen werden.

So zeigt sich, dass Gesteine der jeweils gesuchten Alter zwar grundsätzlich in der Großzahl der Teilgebietssegmente angenommen werden können, es aber aufgrund der Detailtiefe und Beschreibungen der Schichtverzeichnisse der untersuchten Tiefbohrungen bei einigen Segmenten unklar ist, ob diese immer die nötige Teufenlage aufweisen oder die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* über eine ausreichend große Fläche erfüllen können. Fraglich ist die Erfüllung der Teufenlage beispielsweise für das Segment des Teilgebiets 004 (siehe Kapitel 6.1), die vier Segmente des Teilgebiets 005 (siehe Kapitel 6.2), ein Segment (Segment 4) des Teilgebiets 007 (siehe Kapitel 6.4) oder das Segment des Teilgebiets 008_02 (siehe Kapitel 6.5). Im Segment des Teilgebiets 008_02 lassen unsere Untersuchungen zusätzlich Zweifel aufkommen, ob die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* über eine ausreichend große Fläche erfüllt wird.

In einem Segment (Segment 2) des Teilgebiets 006 ist es aufgrund der untersuchten Tiefenbohrungen gänzlich fraglich, ob die gesuchten Tonsteine wie von der BGE angenommen vorhanden sind. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass sich in der Größe des Gebietes ein Teiluntersuchungsraum finden lässt, der den Mindestanforderungen gerecht wird (siehe Kapitel 5.3). Über die anderen Segmente dieses Teilgebiets lassen sich entweder keine verlässlichen Einschätzungen geben (Segmente 3 und 5) oder es treten die Zielhorizonte in günstiger Teufenlage und ausreichender Mächtigkeit auf (Segmente 2 und 4).

Zusätzlich ist es bei vielen Teilgebietssegmenten fraglich, ob bzw. in welcher Verbreitung das Tongestein in diesem Segment den Definitionen des Wirtsgesteins Tonstein der BGE tatsächlich entspricht. Ob die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* im Segment demnach erfüllt werden können, lässt sich mit der untersuchten Datenlage nicht beurteilen. In den meisten Schichtverzeichnissen werden keine Angaben zu den Lithologien der Gesteine des jeweiligen Alters gemacht.

Für das Segment im Steinsalz in stratiformer Lagerung in Teilgebiet 076_03 kann festgehalten werden, dass Gesteine des gesuchten Alters vorhanden sind und damit die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* gegeben sein könnten. Ob das Steinsalz des Rötsalinars allerdings die nötige *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* aufweist, ist anhand der Datenlage jedoch zweifelhaft (siehe Kapitel 6.6).

In den beiden Segmenten des Teilgebiets 078_06 bleibt nach aktueller Datenlage ebenfalls unklar, ob alle vorkommenden Lithologien innerhalb des Zielhorizonts den Definitionen des Wirtsgesteins Steinsalz in stratiformer Lagerung der BGE entsprechen. Dementsprechend ist es möglich, dass die Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit und dem Erhalt der Barrierewirkung nicht über die gesamte Fläche der Segmente gegeben sind. Zudem ist unsicher, ob die Teile der Segmente, die eine Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit aufweisen, ebenfalls die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* erfüllen. Außerdem weisen die Tiefenbohrungen darauf hin, dass das Teilgebiet im Steinsalz hier nach Osten hin einfällt und damit

die Mindestanforderung der *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches* möglicherweise im Westen eher nicht erfüllt werden kann (siehe Kapitel 6.8).

Am aussichtsreichsten für die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ist das größere der beiden Segmente des Teilgebiets 077 (siehe hierzu Kapitel 6.7). Die Stichproben der im Segment (Segment 1) liegenden Tiefenbohrungen zeigen nicht nur, dass es im Landkreis Osnabrück generell möglich sein kann, Steinsalz in stratiformer Lagerung des Oberjuras in ausreichender Mächtigkeit anzutreffen. Das Teilgebiet liegt in diesem Segment außerdem in einer aussichtsreichen Tiefe, um die Mindestanforderungen zur *minimalen Teufe* und zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* zu erfüllen, und ist Teil der Verbreitung der Halit-formenden Malm-Salinare in der sogenannten *Menslage-Alfhausen-Lembruch-Senke*. In dieser Senke kam es seit dem Jura zur Ausbildung mächtiger Steinsalzlager. Inwiefern hier tatsächlich potenziell geeigneten Steinsalzlager für den Standort eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle vorhanden sind oder ob sie durch Tonstein- und Anhydritschichten gestört oder verunreinigt werden, kann erst anhand von standortbezogenen Erkundungen aufgezeigt werden. Es ist demnach zu erwarten, dass das Segment 1 des Teilgebiets 077 vorerst nicht als Teiluntersuchungsraum ausgeschlossen und sich im Verlauf der Durchführung der rvSU als „für eine Standortregion geeignet“ herausstellt.

Die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) haben wir ebenfalls für alle Teilgebietssegmente in Stadt und Landkreis Osnabrück auf Plausibilität hin geprüft. Da ein Großteil der geoWK sowohl für Tongestein als auch für Steinsalz in stratiformer Lagerung mittels Referenzdatensätzen und damit für alle Teilgebiete eines Wirtsgesteinstyps identisch erfolgte, konzentriert sich unsere Bewertung auf die individuell bewerteten geoWK

- Bewertung der *Konfiguration der Gesteinskörper* (Kriterium 2),
- Bewertung der *räumlichen Charakterisierbarkeit* (Kriterium 3),
- Bewertung der *langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse* (Kriterium 4) sowie
- Bewertung des *Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge* (Kriterium 11).

Bei der Anwendung der Indikatoren zur Bewertung der *räumlichen Charakterisierbarkeit* (Kriterium 3) von Tongestein sowie von Steinsalz in stratiformer Lagerung ist nahezu keine „individuelle Bewertung“, wie angegeben, erkennbar. Für die Indikatoren dieses Abwägungskriteriums ist es zwar aufgrund der Datenlage nachvollziehbar, dass die Bewertung generisch stattgefunden hat. Sie hätte aber ebenso gut in den Referenzdatensatz aufgenommen werden können.

Auch die Bewertung der Indikatoren zur *langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse* (Kriterium 4) erfolgte für alle hier betrachteten Teilgebiete identisch und sehr pauschal. Für die Teilgebiete im Steinsalz in stratiformer Lagerung kann die Bewertung unter der Annahme nachvollzogen werden, dass die Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens belegt, dass innerhalb der letzten 10 Millionen Jahre stabile günstige Verhältnisse vorgeherrscht haben. In weiteren Verfahrensschritten muss diese Annahme jedoch durch reale Daten, bspw. durch Datierungen von Mineralneubildungen und -umbildungen in Störungszonen, belegt werden. In den Steckbriefen der Teilgebiete in Tongestein wird dargestellt, dass „seit mehr als 10 Millionen Jahren keine wesentliche Änderung“ der jeweils relevanten Betrachtungsmerkmale stattgefunden habe. Diese Einschätzung wird nicht weiter begründet und ist aus unserer Sicht nicht nachvollziehbar.

Wie bereits die Mindestanforderungen werden auch die geoWK sowie ihre Indikatoren auf die gesamte Fläche des Teilgebiets angewandt. Für einzelne Segmente der Teilgebiete in Stadt und Landkreis Osnabrück liegt die Vermutung nahe, dass im Falle einer erneuten Anwendung der geoWK das Kriterium 2 möglicherweise anders bewertet werden könnte. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn aus unseren Untersuchungen Erkenntnisse vorliegen, dass möglicherweise die notwendige Tiefe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs für das Segment nicht oder nur unzureichend erfüllt wird oder die flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit im Segment fraglich ist. Dies ist zum Beispiel bei dem im Landkreis Osnabrück liegenden Segment des Teilgebiets 004 der Fall. Bei den in Stadt und Landkreis Osnabrück liegenden Segmenten der Teilgebiete 005, 006 und 008_02 kann aufgrund unserer Untersuchungen festgestellt werden, dass entweder gar nicht (TG 006) oder womöglich nicht an allen Lokalisationen bzw. nicht flächendeckend Tongesteine des gesuchten Tonsteins vorhanden sind oder mit günstigen Mächtigkeiten von 300 m und in ausreichender Teufe auftreten. In diesen Fällen kann es bei einer erneuten Anwendung des Kriteriums 2 zu einer von „günstig“ abweichenden Bewertung kommen (siehe Kapitel .6.1 bis 6.5, jeweils Unterkapitel „Kriterium 2“)

Die Bewertung der Indikatoren zum *Schutz des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge* (Kriterium 11) wurde für alle hier betrachteten Teilgebiete in Tongestein identisch als bedingt günstig gekennzeichnet. Auch die Bewertung der Indikatoren wird wortgleich in den Steckbriefen dieser Teilgebiete wiedergegeben. Die Bewertung des Kriteriums richtet sich hier nach der Bewertung des am schlechtesten eingestuften Indikators *„Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnte“*. Das Vorgehen sowie die Bewertung auf Basis der vorliegenden Datenlage ist größtenteils nachvollziehbar. Allerdings sollte in weiteren Verfahrensschritt die genaue lithologische Zusammensetzung der Deckgesteine für alle Standortregionen in tertiären Tongesteinen geprüft werden. Die tertiären Sedimente können auch verstärkt sandig oder siltig ausgebildet sein, wodurch sie unter Umständen nicht grundwasserhemmend wirksam sind. Wenn für das im Landkreis Osnabrück liegende Segment die erforderliche Teufenlage nicht erreicht wird, wie das Tiefenbohrungen im Segment des Teilgebiets 004, in den vier Segmenten des Teilgebiets 005, im Segment (Segment 4) des Teilgebiets 007 und im Segment des Teilgebiets 008_02 vermuten lassen, wird die günstige Bewertung unwahrscheinlicher (siehe Kapitel .6.1, 6.2, 6.4 und 6.5, jeweils Unterkapitel „Kriterium 11“).

Die günstige Bewertung des Indikators *Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* für Kriterium 11 ist allerdings aus unserer Sicht nicht nachvollziehbar (siehe Kapitel .6.1 bis 6.5, jeweils Unterkapitel „Kriterium 11“). Begründet wird diese Bewertung mit dem Abstand großer Teile des Gebiets von mehr als 150 m zur Quartärbasis und der Annahme, dass die tertiären Deckgesteine potenziell erosionshemmend sind. Letztere Annahme ist nicht überzeugend. Die Gesteine des Tertiärs in Norddeutschland sind häufig nur schwach verfestigt. Sie werden vielfach von glazialen Rinnen durchzogen. Diese Rinnen erreichen Tiefen von mehreren hundert Metern. Die Einstufung der tertiären Sedimente Norddeutschlands als „erosionshemmend“ sollte überdacht und die Bewertung mindestens zu bedingt günstig angepasst werden.

Die Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Kriterium 2) für die Teilgebiete in Steinsalz in stratiformer Lagerung ist grundsätzlich nachvollziehbar, da zurzeit weder ein Standort noch ein Sicherheitskonzept für das Endlager bekannt sind. Die Bewertung des Indikators *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* wurde

jedoch sehr vereinfacht vorgenommen. Für das für den Landkreis Osnabrück relevante Segment aus Teilgebiet 076_03 ist aufgrund der nicht gesichert vorliegenden Mächtigkeit im Falle der erneuten Anwendung der geoWK eine genauere Überprüfung der Indikatoren notwendig (siehe Kapitel 6.6). Ebenso sollte der Indikator *Barrierenmächtigkeit* im Falle einer erneuten Anwendung der geoWK für alle in Stadt und Landkreis Osnabrück liegenden Teilgebiete im Steinsalz in stratiformer Lagerung überprüft werden. In den beiden Segmenten des Teilgebiets 078_06 kann zwar davon ausgegangen werden, dass Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins mit günstigen Mächtigkeiten von 300 m vorhanden ist. Dieses liegt aber teils deutlich tiefer als in der maximalen Teufe von 1.500 m (siehe Kapitel 6.8). Deswegen kann für diese beiden Segmente davon ausgegangen werden, dass sie im Fall einer erneuten Anwendung des Kriteriums eher keine günstige Bewertung mehr erhalten.

Die bedingt günstige Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge (Kriterium 11) ist für alle hier betrachteten Teilgebiete in Steinsalz in stratiformer Lagerung nachvollziehbar.

Zum Ende des Jahres 2023 hat die BGE begonnen ihre repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) nach und nach in allen 90 Teilgebieten durchzuführen. In diesem Zusammenhang werden die Teilgebietssegmente in Stadt und Landkreis Osnabrück als ein oder mehrere Teiluntersuchungsräume (TUR) ausgewiesen und unterteilt. Innerhalb der rvSU werden u.a. sowohl Ausschlusskriterien als auch Mindestanforderungen erneut und zielgerichtet angewendet, um die TUR in Prüfschritten zu bewerten und schrittweise einzuengen (siehe Kapitel 7.2).

Teilgebietssegmente bzw. Teiluntersuchungsräume, die im Verlauf der rvSU als „ungeeignet“ oder „gering geeignet“ (Kategorie D oder C) zugeordnet werden, werden nicht näher untersucht und scheiden somit aus dem Standortauswahlverfahren aus. Eine erneute Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) ist demnach nur für Teilgebietssegmente möglich, für die als Teiluntersuchungsräume ein „sicherer Einschluss erwartbar“ ist (Kategorie B oder A). Definitiv sicher ist die Anwendung der geoWK auf Teiluntersuchungsräume, die zu den „unter Sicherheitsaspekten günstigsten Gebieten“ (Kategorie A) gehören.

Die BGE wird durch eine jährliche Veröffentlichung über den Arbeitsstand der rvSU berichten und ihre vorläufigen Ergebnisse allen Akteuren bereitstellen. Die Stadt und der Landkreis Osnabrück können also damit rechnen, bis zum Standortregionenvorschlag, welchen die BGE für das Ende des Jahres 2027 anpeilt, jährlich neue Informationen über die sie betreffende Teilgebietssegmente bzw. Teiluntersuchungsräume zu erhalten, mit denen gearbeitet werden kann.

Insofern gilt es festzuhalten, dass bis zum Jahr 2027 davon ausgegangen werden kann, dass durch die drastische Einengung der Teilgebiete für die Kommunen viel Klarheit geschaffen wird, auch wenn gesichert ist, dass weiterhin mit einigen Ungewissheiten umgegangen werden muss.

Abschließend bedeutet dies für die Stadt und den Landkreis Osnabrück, dass sich im Fall eines Ausschlusses von Segmenten einige offene Fragen sehr schnell auflösen könnten. Andererseits ist damit zu rechnen, dass mit der Ausweisung von B- und vor allem A-Gebieten neue Aufgaben entstehen werden.

Literaturverzeichnis

- Appel, D.; Balthes, B.; Bräuer, V.; Brewitz, W.; Duphorn, K.; Gömmel, R.; Haury, H.-J.; Ipsen, D.; Jentzsch, G.; Kreusch, J.; Kühn, K.; Lux, K.-H.; Sailer, M. et al. (2002): Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, Empfehlungen des AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2018): Arbeitshilfen zur Datenabfrage Mindestanforderungen. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020a): Anlage 1A (zum Fachbericht Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG), Ergebnisse der Bewertung: Teil A (Teilgebiete). Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020b): Anlage 1B (zum Fachbericht Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG), Ergebnisse der Bewertung: Teil B (Keine Teilgebiete). Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020c): Anwendung Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020d): Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020e): Arbeitshilfe zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG. Peine. Online verfügbar unter https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodensteckbriefe_fuer_Forum/20200506_3_Endfassung_Arbeitshilfe_zur_Anwendung_der_geowissenschaftlichen_Abwaegungskriterien_im_ASTV.pdf.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020f): Datenbericht Teil 1 von 4, Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020g): IG-Steckbriefe, Anlage zu „Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG“. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020h): Interaktive Karte zum Zwischenbericht Teilgebiete. Online verfügbar unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/>.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020i): Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG, Grundlagen. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020j): Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020k): Zwischenbericht Teilgebiete gemäß § 13 StandAG. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020l): Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG, Datenbericht Teil 2 von 4. (Untersetzende Unterlage des Zwischenberichts Teilgebiete).
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020m): Steckbrief 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg, Wirtsgestein: Tongestein. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020n): Steckbrief 005_00TG_055_02IG_T_f_jm, Wirtsgestein: Tongestein. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020o): Steckbrief 006_00TG_188_00IG_T_f_ju, Wirtsgestein: Tongestein. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020p): Steckbrief 007_00TG_202_02IG_T_f_kru, Wirtsgestein: Tongestein. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020q): Steckbrief 008_02TG_204_02IG_T_f_kro, Wirtsgestein: Tongestein. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020r): Steckbrief 076_03TG_191_05IG_S_f_so, Wirtsgestein: Stratiformes Steinsalz. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020s): Steckbrief 077_00TG_192_00IG_S_f_jo, Wirtsgestein: Stratiformes Steinsalz. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020t): Steckbrief 078_06TG_197_06IG_S_f_z, Wirtsgestein: Stratiformes Steinsalz. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2021): Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG, Bewertung der Teilgebiete in Bezug auf: Anlage 2 – Kriterium zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper Anlage 11 – Kriterium zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2022a): Arbeitsstand der Methodenentwicklung zur Anwendung der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß Anlage 12 (zu § 25) StandAG, Vorgaben, Grundverständnis, Daten zur Darstellbarkeit der Einzelkriterien (8256745). Peine. Online verfügbar unter https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodik/Phase_I_Schritt_2/planWK/20220926_Arbeitsstand_Methodenentwicklung_planWK_bf.pdf.
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2022b): Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung (919256).

- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2022c). Zeitliche Betrachtung des Standortauswahlverfahrens aus Sicht der BGE, Rahmenterminplanung für Schritt 2 der Phase I bis zum Vorschlag der Standortregionen und zeitliche Abschätzungen für Phase II und III (9024021).
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2023a). Auf dem Weg zu den Standortregionen: Veröffentlichung von Arbeitsständen, Diskussionspapier (9449876).
- BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2023b). Vorgehen zur Ermittlung von Standortregionen aus den Teilgebieten (9059916).
- BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (1995): Kockel, F.; Krull, P. Endlagerung stark wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands, Untersuchung und Bewertung von Salzformationen. Hannover.
- BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2014a): Klaus, R.; Hammer, J.; Pusch, M. Verbreitung, Zusammensetzung und geologische Lagerungsverhältnisse flach lagernder Steinsalzfolgen in Deutschland. Hannover.
- BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2019a): Jähne-Klingberg, F.; Stück, H.; Bebiolka, A.; Bense, F.; Stark, L. Prognosemöglichkeiten von großräumigen Vertikalbewegungen in Deutschland (9S2018100000). Hannover. Online verfügbar unter https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Endlagerung/Downloads/Standortauswahl/Geowissenschaftlich_%20Kriterien/2019_10_28_pr_ognosemoglichkeiten_vertikalbewegungen_abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=5, zuletzt geprüft am 15.09.2020.
- BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2019b): May, F. Möglichkeiten der Prognose zukünftiger vulkanischer Aktivität in Deutschland (9S2018090000). Hannover.
- BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2023): Bohrpunktkarte Deutschland. Online verfügbar unter <https://boreholemap.bgr.de/mapapps/resources/apps/boreholemap/index.html?lang=de>, zuletzt geprüft am 18.01.2024.
- BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hg.) (1977): Kockel, F.; Roland, N. W. Langzeitlagerung radioaktiver Abfälle. Katalog geeigneter geologischer Formationen in der Bundesrepublik Deutschland. Hannover.
- BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hg.) (2007): Hoth, P.; Wirth, H.; Reinhold, K.; Bräuer, V.; Krull, P.; Feldrappe, H. Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands, Untersuchung und Bewertung von Tongesteinsformationen. Berlin/Hannover.
- BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hg.) (2014b): Reinhold, K.; Hammer, J.; Pusch, M. Verbreitung, Zusammensetzung und geologische Lagerungsverhältnisse flach lagernder Salzfolgen in Deutschland (BASAL), F+E Endlagerung (9Y2013030000). Hannover.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2020): Stück, H.; Bense, F.; Frenzel, B.; Henneberg, M.; Kneuker, T.; Lang, J.; Mertineit, M.; Noack, V.; Pollok, L. Ausschlusskriterium "Aktive Störungszonen". Hannover/Berlin.
- Dehmer, D. (2023): AG 8 - Einblick in die Eingrenzung –, Was ist 2024 von der BGE zu erwarten? im Rahmen des 2. Forums Endlagersuche. 2. Forums Endlagersuche. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. Halle (Saale), 18.11.2023. Online verfügbar unter https://www.endlagersuche-infoplattform.de/SharedDocs/Downloads/Endlagersuche/DE/2023/forum/presentationen/1124_Arbeitsgruppe-Einblick-Eingrenzung.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
- Deutscher Bundestag: Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle (Endlagersicherheitsanforderungsverordnung - EndLSiAnfV), EndLSiAnfV. In: BGBl. I S. 2094, 2103.
- DSK - Deutsche Stratigraphisch Kommission (Hg.) (2008). Regionale geochronologische Gliederung, ausgewählte lithostratigraphische Gliederungen und Typusprofile für über Tage und unter Tage des Röt (Folge s7).
- Endlagerkommission - Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe (2016): Geowissenschaftliche Kriterien – Papier der Vorsitzenden der AG 3 (K-Drs., AG3-114). Berlin.
- Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (2017): Entwurf eines Gesetzes zur Fortentwicklung des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und anderer Gesetze.
- Frisch, U.; Kockel, F. (2004): Der Bremen-Knoten im Strukturnetz Nordwest-Deutschlands. Stratigraphie, Paläogeographie, Strukturgeologie. In: *Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen*.
- Füchtbauer, H. (1988): Sedimente und Sedimentgesteine 4., gänzl. neubearb. Aufl. (Sediment-Petrologie, T. II). Stuttgart: Schweizerbart.
- IfG - Institut für Gebirgsmechanik GmbH Leipzig (Hg.) (2022): Popp, T. Eigenschaften und Potential stratiformer Salz-Formationen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Leipzig.
- Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe (2016): Verantwortung für die Zukunft, Ein faires und transparentes Verfahren für die Auswahl eines nationalen Endlagerstandortes (K-Drs., 268).
- LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (Hg.) (2017): Heunisch, C.; Caspers, G.; Elbracht, J.; Langer, A.; Röhling, H.-G.; Schwarz, C.; Streif, H. Erdgeschichte von Niedersachsen, Geologie und Landschaftsentwicklung. Geoberichte 6.
- Lux, K.-H.; Eberth, S. (2002a): Entwicklung und Fundierung der Anforderung „Geringe Neigung zur Bildung von Wegsamkeiten“. Clausthal-Zellerfeld.
- Lux, K.-H.; Eberth, S. (2002b): Entwicklung und Fundierung der Anforderung „Günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen“, Teil B: Weiterführende laborative und rechnerische Untersuchungen. Clausthal-Zellerfeld.
- May, F. (2021): Prognosen und Ausschlussgebiete für zukünftig zu erwartende vulkanische Aktivität. Fachkonferenz Teilgebiete, 1. Beratungstermin. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Veranstalter: Fachkonferenz Teilgebiete, 05.02.2021.

- Meschede, M. (2015): Geologie Deutschlands, Ein prozessorientierter Ansatz. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1521567>.
- NBG - Nationales Begleitgremium (Hg.) (2023): Kühn, M.; Behrmann, J.; Grötsch, J.; Weber, M. Gutachten zur Weiterentwicklung der Methodik für die räprenstativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen. Berlin.
- Öko-Institut e. V. (2020): Chaudry, S.; Neles, J. Kurzgutachten zur Umsetzung der Kriterien nach den §§ 22-24 StandAG in Methoden zur Kriterienanwendung durch die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. Darmstadt.
- Öko-Institut e.V. (2021): Chaudry, S.; Krohn, J.; Neles, J. Kurz-Beratung zum Zwischenbericht Teilgebiete für den Landkreis Lüchow-Dannenberg, Teilgebiete: 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg, 005_00TG_055_00IG_T_f_jm, 006_00TG_188_00IG_T_f_ju, 007_00TG_202_02IG_T_f_kru. Darmstadt. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/kurz-beratung-zum-zwischenbericht-teilgebiete-fuer-den-landkreis-luechow-dannenberg>.
- Seidel, L. (2023): 2. Forum Endlagersuche, Von den Teilgebieten zu den Standortregionen. 2. Forums Endlagersuche. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. Halle (Saale), 17.11.2023. Online verfügbar unter https://www.endlagersuche-infoplattform.de/SharedDocs/Downloads/Endlagersuche/DE/2023/forum/presentationen/1212_teilgebiete_standortregionen.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- StandAG (2017): Deutscher Bundestag. Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 16 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist, StandAG.
- StandAG (2017): Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz - StandAG), StandAG, Fassung vom Zuletzt geändert durch Art. 8 G v. 22.03.2023 I Nr. 88 Ersetzt V 751-17 v. 23.07.2013 I 2553 (StandAG). Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/standag_2017/index.html#BJNR107410017BJNE004100000.
- Wilde, V.; Schultka, S. (1996): Die sandige Wealden-Fazies (Bückeberg-Formation, Berrias, Unterkreide) am Westrand eines Schüttungskörpers bei Osnabrück (NW-Deutschland). In: *njgpa* 199 (2), S. 249–268. DOI: 10.1127/njgpa/199/1996/249.

Anhang

Anhang I. Glossar

Ausfällen	Als „ausfällen“ bezeichnet man den chemischen Vorgang, bei dem gelöste Stoffe durch Änderungen von Parametern, wie z. B. Druck und Temperatur in Form von Kristallen, Flocken oder Tröpfchen ausgeschieden werden.
Diagenese	Als Diagenese wird die Umwandlung (auch Verdichtung oder Kompaktion) von Lockersedimenten in Festgesteine durch die Wirkung von Zeit, Druck, Temperatur und chemischen Reaktionen bezeichnet. Nach Füchtbauer (1988) werden unter Begriff alle mechanischen und chemischen Vorgänge zusammengefasst, die ein Sediment von seiner Ablagerung bis zum Beginn einer Metamorphose, der Veränderung durch Druck und Temperatur bei tieferer Versenkung in die Erdkruste, verändern.
Einfallen	Mit Einfallen bezeichnet man in der Geologie die Orientierung von geologischen Flächen (Schichten) im dreidimensionalen Raum. Ein Einfallen einer Schicht bedeutet demnach, dass die Schicht schief/geneigt im Raum liegt und in eine Richtung abtaucht, also tiefer unter der Erdoberfläche liegt.
Einschlusswirksamer Gebirgsbereich	Mit dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich ist der Gesteinsbereich im tiefen Untergrund eines Gebirges gemeint, in dem der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle durch eine Kombination aus geologischen, geotechnischen und technischen Barrieren dauerhaft gewährleistet werden kann.
Evaporite	Evaporite sind Salzgesteine, chemische Sedimente und Sedimentgesteine, die durch intensive Verdunstung oder gar Eindunstung salinärer wässriger Lösungen entstehen. (Quelle: Auszug aus https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/evaporite/4434)
Fazies	Als (Litho-)Fazies wird die Zusammensetzung eines Sedimentgesteins, insbesondere hinsichtlich der Korngröße seiner Bestandteile, bezeichnet.
Geogene Beanspruchung	Unter geogener Beanspruchung ist der Einfluss von Kräften zu verstehen, die durch geologische Prozesse, bspw. Senkung oder Hebung der Erdkruste durch Eisbedeckung während Kaltzeiten, wirken können. Technogene, also durch den Einsatz von Technik durch Menschen verursachte Beanspruchungen können insbesondere während der Errichtung und des Betriebs des Endlagerbergwerks entstehen.
Halokinese	Die Halokinese beschreibt die Bewegung von Salzstrukturen durch tektonische Prozesse
Hangendes	Als Hangendes werden die eine Gesteinseinheit überlagernden

 Gesteine bezeichnet

Kalisalze	Kalisalze sind Salzgesteine, deren Hauptbestandteile aus Kaliumreiche Salzmineralen aufgebaut sind (z.B. Sylvin, Carnallit, Kieserit)
Liegendes	Als Liegendes werden die eine Gesteinseinheit unterlagernden Einheiten bezeichnet
Lithologie	Die Lithologie unterscheidet und beschreibt die Gesteine anhand von Merkmalen, die mit bloßem Auge erkannt werden können, wie beispielsweise ihre mineralische Zusammensetzung und Textur.
Lithostratigraphie	Die Lithostratigraphie ist eine Methode, mit der man Gesteinseinheiten ausschließlich nach ihren lithologischen Eigenschaften räumlich und strukturell gliedert. Lithologisch unterscheiden sich Gesteine bspw. durch ihre sedimentologischen, petrologischen, mineralogischen, chemischen, paläontologischen, physikalischen und morphologischen Eigenschaften.
Permeabilität	Als Permeabilität bezeichnet man die Durchlässigkeit der Struktur für andere Stoffe wie z.B. Gase oder Flüssigkeiten.
Regression	Meeresrückzug durch Abnahme des Meeresspiegels oder tektonischer Hebung eines Gebiets.
Salinar	Mit Salinaren werden Gesteinskomplexe bezeichnet, die überwiegend aus Salzgesteinen (Evaporiten) aufgebaut sind.
Salzwanderung	Unter Salzwanderung versteht man die Bewegung und plastische Veränderung von salinaren Schichten im Untergrund, durch die bspw. Salzstöcke entstehen können.
Siliziklastika	Die Bezeichnung Siliziklastika umfasst in der Sedimentologie Sedimente und Sedimentgesteine, deren Kornfraktionen vorwiegend aus Silikatmineralen, wie z.B. Quarz, Feldspat und Tonmineralen zusammengesetzt sind (Meschede (2015)).
Stratigraphie	Als Stratigraphie wird innerhalb der Geologie die Lehre von der zeitlichen und räumlichen Abfolge der Gesteinseinheiten bezeichnet. Neben international harmonisierten stratigraphischen Einteilungen werden häufig abweichende nationale stratigraphische Tabellen verwendet. So dauerte beispielsweise die Periode des Perm von etwa 299 bis 252 Millionen Jahren (Ma) vor heute; innerhalb des Perm wird international noch zwischen den Epochen Unter-, Mittel- und Oberperm unterschieden, die jeweils durch Stufen weiter gegliedert werden. In Norddeutschland wird das Perm davon abweichend historisch in die Abschnitte Rotliegendes (Unterperm, bis vor etwa 258 MA) und Zechstein (Oberperm) unterteilt.
Stratigraphische Einheit	Als stratigraphische Einheit bezeichnet man ein räumliches Gesteinsvolumen, welches sich durch die charakteristischen geologischen Merkmale bezüglich der Entstehungsgeschichte und

Herkunft der Komponenten identifizieren lässt und in dessen erdzeitlichem Entstehungsalter chronologisch definiert ist.

stratiform	Als stratiform werden Gesteinsvorkommen bezeichnet, die sich innerhalb eines vorhandenen Schichtverbands, parallel zur Schichtung erstrecken. In der Regel wird der Begriff für Erzlagerstätten verwendet, die innerhalb einer Gesteinsschicht gebildet wurden und nicht über Schichtgrenzen hinweg; die BGE nutzt ihn auch zur Unterscheidung zwischen Salinaren, die sich noch im Schichtverband befinden, sich also parallel zu den Grenzen der über- und unterlagernden Gesteine erstrecken, und Salzstöcken, die durch Aufwölbung den Schichtverband durchbrochen und überlagernde Gesteinseinheiten verdrängt oder aufgewölbt haben.
syndimentär	Geologische Prozesse, die während der Sedimentation stattfinden, werden als syndimentär bezeichnet.
Tektonik	Als Tektonik wird die Lehre von der dreidimensionalen Struktur der Erdkruste, der Bewegung und Deformation von Gesteinen und den Kräften, die diese Bewegungen verursachen, bezeichnet.
Teufe	Die Teufe ist ein bergmännischer Ausdruck, mit dem die Tiefe unter der Geländeoberfläche beschrieben wird.
Transgression	Vordringen des Meeres durch Anstieg des Meeresspiegels oder tektonischer Senkung eines Gebiets.
Überprägung	Als Überprägung wird die Veränderung von Gesteinen durch tektonische Prozesse bezeichnet. Diese Veränderungen reichen von der Änderung der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse eines Gesteins durch Verstellung oder Faltung bis zur teilweisen Aufschmelzung und Umkristallisation (Anatexis) unter Einfluss von Druck und Temperatur während tektonischer Beanspruchung.
Zielhorizont	Als Zielhorizont werden in der Geologie geologische Formationen bzw. Schichten bezeichnet, die auf Grund der geeigneten geologischen Eigenschaften und Begebenheiten für das jeweilige Vorhaben (z.B. Rohstoffgewinnung, Speicherung, Geothermie) untersucht und genutzt werden sollen

